

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Marko Trupković

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac, dipl. ing.

Student:

Marko Trupković

Zagreb, 2018.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru, izv. prof. dr. sc. Milanu Kostelcu na pomoći pri odabiru teme diplomskog rada, te na svim komentarima, uputama i savjetima koji su bili od velike pomoći prilikom izrade ovog rada.

Također, zahvaljujem se svojim roditeljima, Jeleni i Željku, bratu Nikoli, te obitelji na potpori tijekom cijelog trajanja studiranja.

Zahvalu upućujem i prijateljima i kolegama koji su dane studiranja učinili ljepšima.

Marko Trupković



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Marko Trupković**

Mat. br.: 0035191369

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Rotacijska platforma**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Rotating Platform**

Opis zadatka:

Za sajamsko izlaganje poljoprivredne mehanizacije potrebno je konstruirati rotacijsku teretnu platformu.
Zadano je:

1. Projektno opterećenje platforme: traktor mase do 12 t;
2. Brzina vrtnje: 1 min^{-1} ;
3. Visina platforme: $\leq 1 \text{ m}$;
4. Masa platforme: $\leq 1200 \text{ kg}$;
5. Radna površina platforme: prema tehničkim podacima proizvođača traktora;
6. Posebni zahtjevi: zbog montaže na terenu najveća masa pojedinačnog komada do 80 kg;
7. Priključno električno napajanje: 1x230V 50 Hz.

Rad treba sadržavati:

1. Uvod s tehničkim opisom i varijantama izvedbi rotacijskih platformi;
2. Proračun s potrebnim proračunskim i konstrukcijskim skicama i izvorom podataka za:
 - nosivu konstrukciju platforme;
 - proračun elemenata pogonskog mehanizma vrtnje;
3. Dati procjenu rizika pri radu s rotacijskom platformom;
4. Dokumentaciju:
 - sklopni crtež s potrebnim brojem ortogonalnih projekcija u pogledu i presjeku;
 - radioničke crteže u dogovoru s mentorom.

Svi ostali tehnički podaci mogu se dobiti kod mentora

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.


Zadatak zadan:
16. studenog 2017.

Datum predaje rada:
18. siječnja 2018.

Predviđeni datum obrane:
24., 25. i 26. siječnja 2018.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:


Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	VI
POPIS OZNAKA	VII
SAŽETAK.....	IX
SUMMARY	X
1. UVOD.....	1
1.1. Varijante izvedbi rotacijskih platformi	2
2. PRORAČUN ROTACIJSKE PLATFORME.....	5
2.1. Uvod u proračun.....	5
2.2. Dijelovi platforme	6
2.3. Opterećenje platforme	6
2.4. Proračun nosive konstrukcije	8
2.4.1. Kontrola A nosača.....	8
2.4.1.1. Kontrola čvrstoće	10
2.4.1.2. Kontrola krutosti	10
2.4.2. Kontrola B nosača.....	11
2.4.2.1. Kontrola čvrstoće	13
2.4.2.2. Kontrola krutosti	13
2.4.3. Kontrola C nosača.....	14
2.4.3.1. Kontrola čvrstoće	15
2.4.3.2. Kontrola krutosti	16
2.4.4. Kontrola zavora A nosača i prirubne pločice	17
2.4.5. Kontrola zavora C nosača i prirubne pločice	20
2.4.6. Proračun vijčanog spoja A i C nosača	22
2.4.6.1. Moment pritezanja vijka	24
2.4.7. Odabir kotača	25
2.4.8. Bočne vodilice	25
2.4.9. Podnica.....	27
2.4.10. Gazna površina.....	28
2.4.11. Oplata	29
2.4.12. Pristupna rampa	30
2.5. Proračun elemenata pogonskog mehanizma vrtnje.....	31
2.5.1. Proračun elektromotora.....	31
2.5.1.1. Izračun dinamičkog momenta inercije pokretnih dijelova.....	31
2.5.1.2. Izračun potrebnog momenta i snage za pokretanje.....	31
2.5.1.3. Odabir elektromotora	32
2.5.2. Proračun lančanog prijenosa	34
2.5.2.1. Prijenosni omjer	34
2.5.2.2. Udarna snaga.....	34
2.5.2.3. Broj članaka	35

2.5.2.4.	Duljina lanca	35
2.5.2.5.	Osni razmak	35
2.5.2.6.	Odabir lanca	36
2.5.2.7.	Vijek trajanja spojnica (sigurnost protiv loma)	38
2.5.2.8.	Vijek trajanja valjaka	38
2.5.2.9.	Vijek trajanja zglobova	38
2.5.2.10.	Sila koja opterećuje vratilo	41
2.5.3.	Kontrola nosača gonjenog lančanika	41
2.5.3.1.	Kontrola čvrstoće	41
2.5.3.2.	Kontrola krutosti	43
2.5.4.	Kontrola gonjenog vratila	44
2.5.4.1.	Presjek 1	45
2.5.4.2.	Presjek 2	45
2.5.5.	Kontrola pogonskog vratila	47
2.5.5.1.	Reakcije u osloncima	48
2.5.5.2.	Presjek 1	48
2.5.5.3.	Presjek 2	49
2.5.5.4.	Presjek 3	49
2.5.5.5.	Odabir ležaja u osloncu A	50
2.5.5.6.	Odabir ležaja u osloncu B	52
3.	Procjena rizika u radu s rotacijskom platformom	54
3.1.	Općenito o pricjeni rizika	54
3.2.	Procjena rizika za rotacijsku platformu	54
3.2.1.	Opasnosti	54
3.2.1.1.	Mehaničke opasnosti	54
3.2.1.2.	Opasnosti od padova	55
3.2.1.3.	Opasnosti od električne struje	56
3.2.1.4.	Požar i eksplozija	56
3.2.1.5.	Termičke opasnosti	56
3.2.1.6.	Ostale opasnosti	57
3.2.2.	Štetnosti	57
3.2.2.1.	Fizikalne štetnosti	57
3.2.3.	Napori	58
3.2.3.1.	Statodinamički napori	58
3.2.3.2.	Psihofiziološki napori	58
3.2.4.	Ostali rizici	59
3.2.4.1.	Zaštita zdravlja i sigurnosti posjetitelja	59
4.	ZAKLJUČAK	60
	LITERATURA	61
	PRILOZI	62

POPIS SLIKA

Slika 1	Traktor izložen na sajmu	1
Slika 2	Rotacijska platforma za tegljače [1]	2
Slika 3	Okretna platforma za binu [2]	3
Slika 4	EXPO CAR okretna platforma [3]	3
Slika 5	Okretna platforma sa spuštanjem [4].....	4
Slika 6	Specifikacija traktora.....	5
Slika 7	Okretna platforma.....	6
Slika 8	Opterećenje platforme	7
Slika 9	A nosač	8
Slika 10	Karakteristike A nosača [6]	9
Slika 11	Proračunski model A nosača	9
Slika 12	B nosač	11
Slika 13	Karakteristike B nosača [6]	12
Slika 14	Proračunski model B nosača	12
Slika 15	C nosač	14
Slika 16	Proračunski model C nosača	15
Slika 17	Prirubna pločica A nosača.....	17
Slika 18	Zavar pločice A nosača	17
Slika 19	Pločica C nosača.....	20
Slika 20	Zavar pločice C nosača.....	20
Slika 21	Vijčani spoj A i C nosača	22
Slika 22	Kotač [8].....	25
Slika 23	Kotač vodilice [8]	26
Slika 24	Vodilica	26
Slika 25	Podnica	27
Slika 26	Vijak za niveliranje	28
Slika 27	Segment gazne površine	28
Slika 28	Segmenti oplata	29
Slika 29	Koncept pristupne rampe.....	30
Slika 30	Dimenzije motora prema [10]	33
Slika 31	Faktor snage [7].....	34
Slika 32	Proračunski faktor [7].....	36
Slika 33	Udarna snaga lanca [7]	36
Slika 34	Tehnički podaci lanca [7]	37
Slika 35	Faktor udara [7]	38
Slika 36	Značajka vijeka trajanja [7].....	39
Slika 37	Faktor brzine koraka lanca [7].....	40
Slika 38	Faktor trenja [7].....	40
Slika 39	Nosač gonjenog lančanika.....	41
Slika 40	Karakteristike nosača lančanika [6]	42
Slika 41	Proračunski model nosača gonjenog lančanika.....	42
Slika 42	Proračunski model gonjenog vratila.....	44
Slika 43	Proračunski model pogonskog vratila	47
Slika 44	Dimenzije odabranog ležaja u osloncu A [13]	51
Slika 45	Karakteristike odabranog ležaja u osloncu A [13]	51

Slika 46	Dimenzije odabranog ležaja u osloncu B [13]	52
Slika 47	Karakteristike odabranog ležaja u osloncu B [13]	53

POPIS TABLICA

Tablica 1	Specifikacije motora.....	32
Tablica 2	Matrica rizika	54
Tablica 3	Procjena rizika za mehaničke opasnosti	54
Tablica 4	Opasnosti od padova	55
Tablica 5	Opasnosti od električne struje	56
Tablica 6	Požar i eksplozija.....	56
Tablica 7	Termičke opasnosti.....	56
Tablica 8	Ostale opasnosti.....	57
Tablica 9	Fizikalne štetnosti.....	57
Tablica 10	Statodinamički naponi.....	58
Tablica 11	Psihofiziološki naponi.....	58
Tablica 12	Zaštita zdravlja i sigurnosti posjetitelja.....	59

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

RP-MT-0000 Rotacijska platforma
RP-MT-0005 Segment podnice
RP-MT-0006 Segment podnice s nosačem motora
RP-MT-06-01 Radijalni nosač 1
RP-MT-06-02 Radijalni nosač 2
RP-MT-06-03 Tan. nosač kraći i duži, Sred. nosač
RP-MT-06-06 Matica M24 – dorada
RP-MT-06-07 Čahura
RP-MT-0017 Sklop pogona
RP-MT-17-03 Pogonski lančanič
RP-MT-17-05 Vratilo
RP-MT-17-07 Gornji poklopac
RP-MT-17-12 Kučište
RP-MT-17-17 Donji poklopac
RP-MT-0019 Gonjeni lančanič

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
a	mm	Širina zavora, duljina
a_{\max}	m/s ²	Maksimalno ubrzanje
A_S	mm ²	Površina jezgre vijka
A_{zav}	mm ²	Površina presjeka zavora
d	mm	Promjer
E	N/mm ²	Modul elastičnosti
F	N	Sila
F_{vij}	N	Sila u vijku
i	-	Prijenosni omjer
I_y	mm ⁴	Moment inercije presjeka
I_{zav}	mm ⁴	Moment inercije presjeka zavora
J	kgm ²	Dinamički moment inercije
L	mm	Udaljenost
L_{10h}	h	Nazivni vijek trajanja ležaja
m_{konst}	kg	Masa konstrukcije
m_{ter}	kg	Masa tereta
M	Nmm	Moment savijanja
M_{\max}	Nmm	Maksimalni moment savijanja
M_{pok}	Nmm	Moment pokretanja
n	-	Broj vijaka
n	okr/min	Brzina vrtnje
P	mm	Korak navoja
P_n	W	Nazivna snaga
P_r	kN	Ekvivalentno dinamičko opterećenje
p_v	N/cm ²	Površinski pritisak u zglobovima
r	m	Radius
S	-	Faktor sigurnosti
T	Nm	Moment pritezanja vijka
w_{\max}	mm	Maksimalni progib
w_{dop}	mm	Dopušteni progib
W_y	mm ³	Moment otpora presjeka
W_{yzav}	mm ³	Moment otpora presjeka zavora
z	-	Broj zubi
X	-	Broj članaka lanca
η	-	Stupanj iskorištenja

μ	-	Faktor trenja
σ	N/mm^2	Normalno naprezanje
σ_{dop}	N/mm^2	Dopušteno vlačno naprezanje
σ_{max}	N/mm^2	Maksimalno vlačno naprezanje
σ_{red}	N/mm^2	Ekvivalentno naprezanje
σ_{yzav}	N/mm^2	Normalno naprezanje zavora
τ	N/mm^2	Tangencijalno naprezanje
τ_{zav}	N/mm^2	Tangencijalno naprezanje zavora
ω	rad/s	Kutna brzina

SAŽETAK

U ovom radu koncipirana je i konstruirana rotacijska platforma za sajamska izlaganja traktora. Platforma je konstruirana prema specifikaciji traktora, na način da je prilagođena montaži i demontaži na terenu. Upravo zbog tog zahtjeva posebna pažnja pridodana je masama i oblicima pojedinih dijelova kako bi bilo maksimalno olakšano rukovanje istima.

U samom radu dan je pregled nekoliko postojećih rješenja, izvršen proračun elemenata nosive konstrukcije i pogonskog mehanizma. Također, izrađena je procjena rizika u radu s rotacijskom platformom pri čemu su prepoznati rizici, kao i mjere za njihovo otklanjanje ili svođenje na manju mjeru.

U prilogu je dana radionička dokumentacija većine dijelova.

Ključne riječi: rotacijska platforma, montažna konstrukcija, procjena rizika u radu, sajamska izlaganja

SUMMARY

In this paper, a rotating platform for the exhibition of tractors is conceived and constructed. The platform is constructed according to the tractor specification, so it is adapted the field assembly and disassembly. This is the reason why special attention is given to the masses and shapes of the individual parts, so that ease of handling is maximised. The paper presents a review of several existing solutions, and calculation of the elements of the supporting structure and the drive mechanism is made. Also, a risk assessment of the rotating platform operation was developed, detecting the risks as well as the measures for their removal or reduction.

Work documentation for the most of the parts is attached.

Key words: rotational platform, pre-fabricated structure, operational risk assesment, exhibitions

1. UVOD

Sajmovi su mjesta za prezentaciju najnovijih tehnoloških i znanstvenih otkrića, mjesto zaključivanja poslovnih ugovora i susreta sa drugim gospodarstvenicima.

Danas, u moru proizvođača traktora i poljoprivredne mehanizacije svaka tvrtka nastoji se izdvojiti na neki način od konkurencije. Dakako, najvažniji su iskoraci u pogledu performansi radnih strojeva, povećanju ekološke učinkovitosti itd., ali bitnu ulogu u ovom procesu ima i odjel marketinga koji nastoji prezentirati proizvod potencijalnim kupcima.

Upravo zbog toga dobro uređeno i atraktivno izložbeno i/ili prodajno mjesto ima sve veću vrijednost. Stroj postavljen na okretnu platformu svakako je jedan od primjera.



Slika 1 Traktor izložen na sajmu

1.1. Varijante izvedbi rotacijskih platformi

Na tržištu postoje razne izvedbe rotacijskih platformi. Upotrebljavaju se za različite namjene: salonska izlaganja, za okretanje vozila u garažama ili drugim skućenim prostorima, za okretanje i pozicioniranje tegljača u distributivnim centrima, okretanje lokomotiva i ostalo.

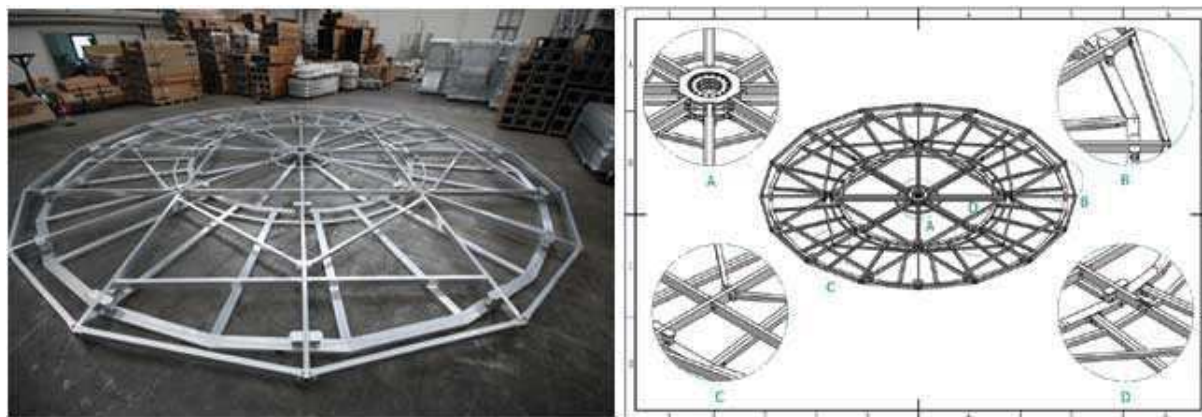
Ovisno o namjeni i profesionalnosti izrade razlikuju se i u tehničkoj složenosti.

U nastavku je dan pregled nekoliko varijanti izvedbe.



Slika 2 Rotacijska platforma za tegljače [1]

Materijal izrade platforme na Slici 2 je konstrukcijski čelik. Antikorozivna zaštita se vrši bojanjem (za platforme u zatvorenim prostorima) ili vrućim pocinčavanjem (za platforme u vanjskim prostorima). Masa platforme je 25 tona, dok je maksimalna masa tegljača (maksimalno opterećenje) 60 tona. Brzina vrtnje je 2 okr/min. Vrtanja se vrši pomoću 4 elektromotora koji rotiraju zajedno sa platformom. Protu klizna obloga je debljine 12 mm, a moguće je i postavljanje bitumenskog premaza.



Slika 3 Okretna platforma za binu [2]

Okretna platforma prema Slici 3 koristi se kao bina. Izrađena je od aluminijске legure, s mogućnošću promjene promjera. Promjer platforme je 10 m, a visina bez pozornice 25 cm. Masa platforme je 1200 kg, uz nosivost od 4000 kg.

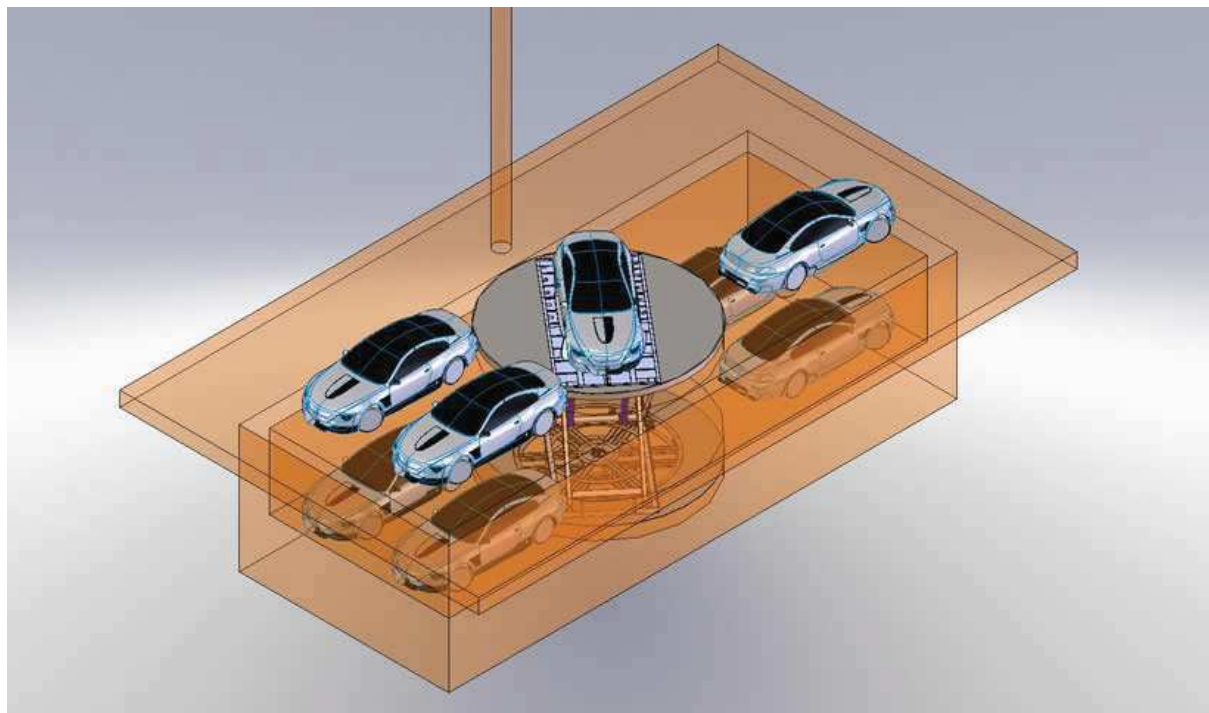
Rastavljena u dijelove može se transportirati u prostoru od 27 m³.



Slika 4 EXPO CAR okretna platforma [3]

Expo Car okretna platforma kompaktna je, jednostavna i jeftina okretna platforma za korištenje u izložbenim salonima. Uz teleskopske ruke prilagodljiva je za razne dimenzije širine traga kotača i međuosovinskog razmaka vozila. Nosivosti je 2 t, uz brzinu vrtnje od 2 okr/min.

Prednost ove platforme leži u njoj neprimjetnosti ispod automobila i lakom premještanju.



Slika 5 Okretna platforma sa spuštanjem [4]

Okretna platforma na Slici 5 osim za okretanje služi i za spuštanje u donju etažu garaže, što ujedno i smanjuje potreban prostor za pristup garaži.

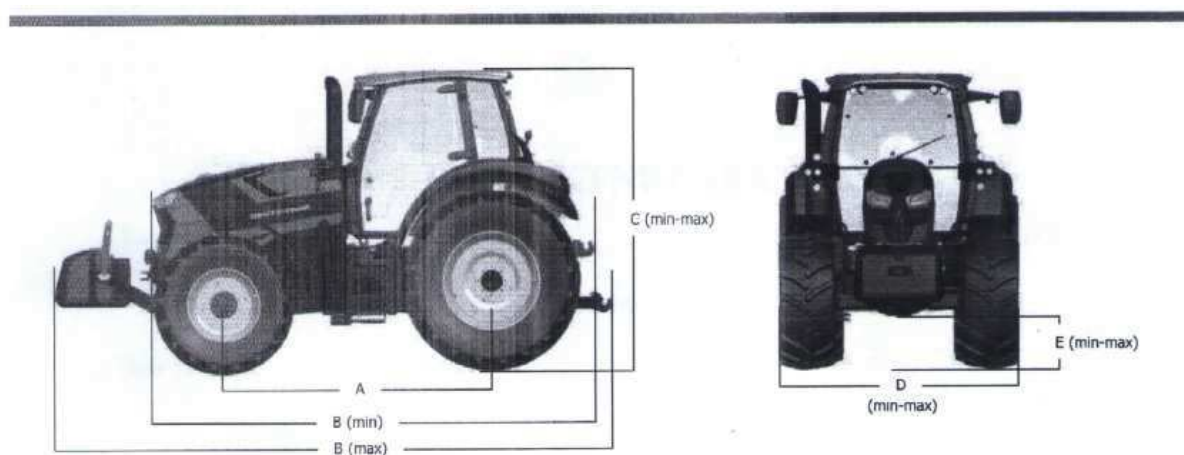
Pregledom postojećih rješenja vidljivo je da na tržištu nema platformi koje su dimenzijama i nosivosti namijenjene traktorima, a pogotovo nema platformi većih nosivosti koje su lako rasklopive i primjerene za čestu terensku montažu i prijevoz na razne sajmove.

Upravo stoga konstrukcija takve okretno platforme predstavlja izazov.

2. PRORAČUN ROTACIJSKE PLATFORME

2.1. Uvod u proračun

Na temelju zahtjeva na konstrukciju odabran je koncept predstavljen u nastavku. Dimenzije su odabirane prema zadanoj specifikaciji traktora (širina traga kotača, međuosovinski razmak i ukupna dužina vozila). Prvenstveno se vodilo računa o masi pojedinih dijelova koja je zbog montaže na terenu ograničena na maksimalnih 80 kg. Za montažu je od velike važnosti i sam oblik dijelova i mogućnost rukovanja sa istima, kao i pristupačnost pojedinim segmentima i spojevima platforme u cilju jednostavnije montaže i demontaže.



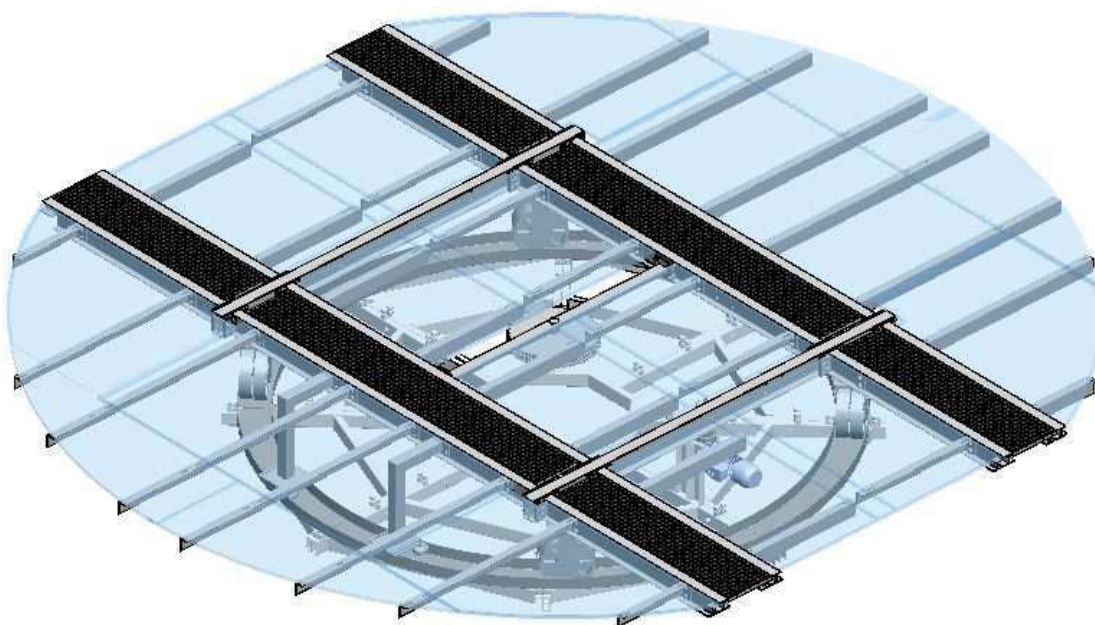
Min length: from front hood to the rear lift arm in upper position
Max length: from 1000 kg front ballast with front-lift to the rear lift arm in lower position

		6155	6165	6175	6185	6205	6215
GENERAL DIMENSIONS							
With front axle		CA 20.29	CA 20.29	CA 20.29	Dana M50	Dana M50/M60L	Dana M60L
Front axle width (flange to flange)	mm	1840	1840	1840	1780	1780 / 1940	1940
Front axle width with brakes (flange to flange)	mm	1890	1890	1890	1780	-	-
Front axle width with external dry-disk brakes (flange to flange)	mm	-	-	-	-	1720/1940	2046
Rear axle width (flange to flange)	mm	1720	1720	1890	1890	1890	1890
Rear axle width with bar axle (flange to flange) (min-max)	mm	-	-	-	-	-	-
DIMENSIONS AND WEIGHTS							
With front tyres (min)		230/95R32	230/95R32	270/95R36	270/95R36	270/95R36	270/95R36
With rear tyres (min)		270/95R44	270/95R44	380/90R46	380/90R46	380/90R46	380/90R46
With front tyres (max)		VF500/60R28	VF600/60R28	VF600/60R30	VF600/60R30	VF600/60R30	VF600/60R30
With rear tyres (max)		VF710/60R38	VF710/60R38	VF710/60R42	VF710/60R42	VF710/60R42	VF710/60R42
Wheelbase (A)	mm	2767	2767	2767	2767	2848	2848
Length (min-max) (B)	mm	4347-5712	4347-5712	4397-5712	4397-5712	4478-5793	4478-5793
Length (min-max) (C)	mm	2932-3032	2932-3032	3032-3082	3032-3082	3032-3082	3032-3082
Width (min-max) (D)	mm	2456-2720	2456-2720	2486-2720	2486-2720	2486-2720	2486-2541
Ground clearance (min-max) (E)	mm	365-465	365-465	465-515	465-515	465-515	465-515
Unladen weight on front axle (min-max)	kg	2690-3130	2690-3130	2690-3130	2690-3130	3150-3590	3150-3590
Unladen weight on rear axle (min-max)	kg	4470-4510	4470-4510	4470-4510	4470-4510	4740-4780	4740-4780
Total unladen weight (min-max)	kg	7200-7600	7200-7600	7200-7600	7200-7600	7930-8330	7930-8330
Maximum permissible front weight @ 40 kph	kg	4700	4700	4700	5200	5200	5200
Maximum permissible rear weight @ 40 kph	kg	8400	8400	9200	9200	9200	9200
Maximum permissible total weight @ 40 kph	kg	11500	11500	12500	12500	13500	13500
Maximum permissible front weight @ 50 kph	kg	4700	4700	4700	5200	5200	5200
Maximum permissible rear weight @ 50 kph	kg	8400	8400	9200	9200	9200	9200
Maximum permissible total weight @ 50 kph	kg	11500	11500	12500	12500	12500	12500

Slika 6 Specifikacija traktora

2.2. Dijelovi platforme

Rotacijska platforma sastoji se od dva osnovna dijela: podnice (postolja) i okretnog dijela (platforme). Podnica je izrađena iz segmenata, ukupno 8 komada koji su međusobno povezani vijcima u cjelinu. Također, na podnici se nalaze vijci za niveliranje, tračnica i elektromotor sa prijenosom i pogonskim lančanicom. Okretni dio (platforma) se preko 4 sklopa kotača oslanja na tračnicu. Osnovna struktura su A, B i C nosači koji su međusobno povezani vijcima, te kao takvi tvore nosivu konstrukciju. Na njh se vežu ostali elementi: vodilice, nosač gonjenog lančanika, nosači oplate. Sama površina platforme na gaznom dijelu prekrivena je rešetkom, dok je ostali dio prekriven vodootpornom ivericom, radi smanjenja ukupne mase.



Slika 7 Okretna platforma

2.3. Opterećenje platforme

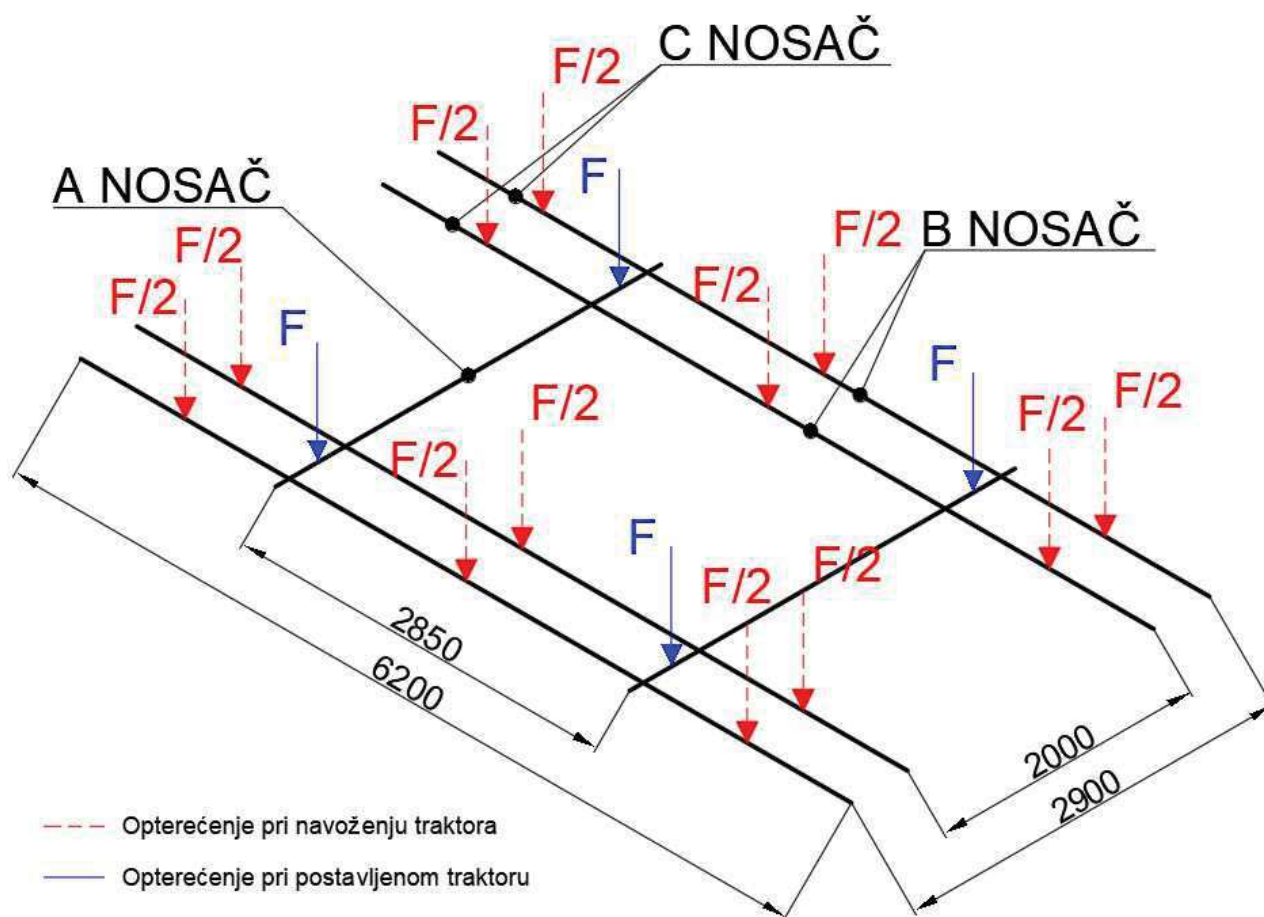
Na platformu se postavlja traktor mase do 12 t. Prema dobivenoj specifikaciji traktora i raspodjeli masa po osovinama (Slika 6) vidljivo je da najteži traktor u neopterećenom stanju (bez utega ili priključnih strojeva) ima ukupno maksimalno 8330 kg, od čega maksimalno 3590 kg otpada na prvu a maksimalno 4780 kg na zadnju osovину. Za proračunsko opterećenje uzimamo da je masa od 12 tona ravnomjerno raspoređena na dvije osovine po 6 tona, i ravnomjerno na 2 kotača po osovini, sa po 3 tone. Prema tome sila F iznosi:

$$F = \frac{12000 \cdot 10}{4} = 30000 \text{ N.} \quad (1)$$

Zbog veoma male brzine vrtnje ($n = 1 \text{ okr/min}$), dinamička opterećenja nosive konstrukcije moguće je opravdano izostaviti.

Razlikujemo opterećenja pri postavljanju (utovaru) traktora, te opterećenja pri već postavljenom traktoru. Za proračun su mjerodavni slučajevi kada su opterećenja maksimalna za pojedini element.

Pri postavljanju traktora na platformu on preko utovarne rampe prolazi po nosačima do konačnog položaja, pri čemu su sile u najnepovoljnijim slučajevima na nosačima prikazane crtkano u crvenoj boji na slici. Postavljeni traktor za vrijeme rada platforme miruje, te sa kotačima stoji na A nosaču. Sile u tom položaju prikazane su plavom bojom.



Slika 8 Opterećenje platforme

2.4. Proračun nosive konstrukcije

U proračunu nosive konstrukcije biti će proračunati A, B i C nosači, njihovi međusobni vijčani spojevi, te zavari njihovih prirubnih pločica.

Svi elementi nosive konstrukcije izrađeni su od čelika S355JR, sa vrijednosti dopuštenog naprezanja prema [5]:

$$\sigma_{\text{dop}} = 140 \dots 180 \text{ N/mm}^2. \quad (2)$$

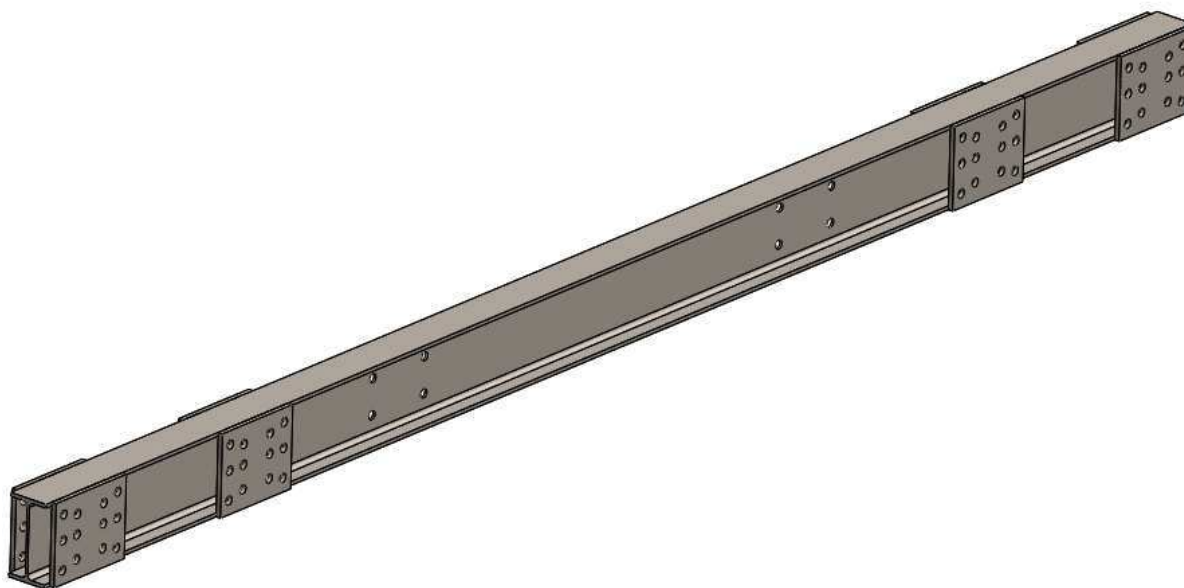
Usvojena je vrijednost dopuštenog naprezanja od

$$\sigma_{\text{dop}} = 160 \text{ N/mm}^2. \quad (3)$$

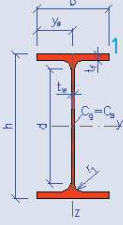
Kod kontrole A, B i C nosača kao kontinuirano opterećenje po dužini nosača uzeta je u obzir i njihova vlastita težina, koja zbog veoma malog utjecaja naspram ostalih opterećenja ima zanemariv doprinos ukupnom naprezanju i deformacijama te kao takva nije navedena u konačnoj verziji proračuna.

2.4.1. Kontrola A nosača

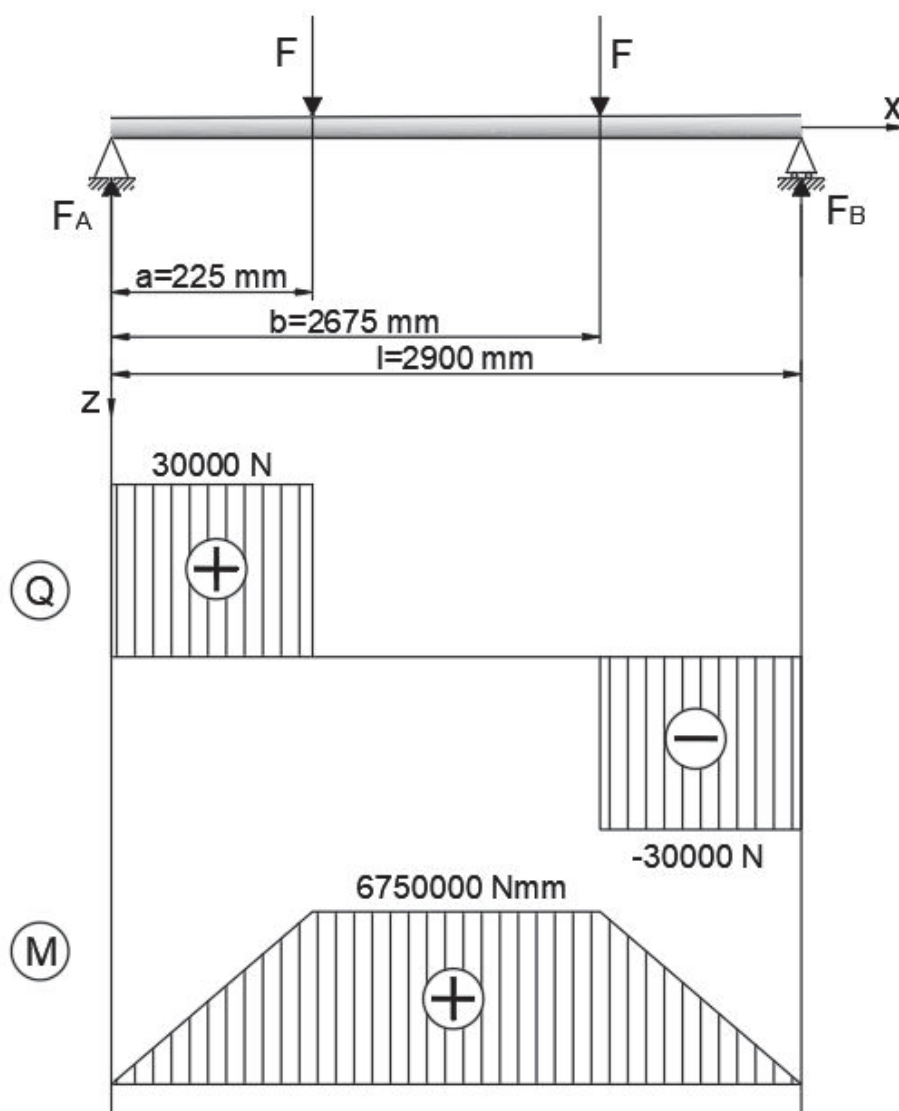
A nosač izrađen je od IPE 160 profila. Sa bočnih strana ima zavarene pločice za spajanje sa B i C nosačima.



Slika 9 A nosač

IPE160			
Geometry		Section properties	
$h = 160 \text{ mm}$		Axis y	Axis z
$b = 82 \text{ mm}$		$I_y = 8.69\text{E}+6 \text{ mm}^4$	$I_z = 6.83\text{E}+5 \text{ mm}^4$
$t_f = 7.4 \text{ mm}$		$W_{y1} = 1.09\text{E}+5 \text{ mm}^3$	$W_{z1} = 1.67\text{E}+4 \text{ mm}^3$
$t_w = 5 \text{ mm}$		$W_{y,pl} = 1.24\text{E}+5 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 2.61\text{E}+4 \text{ mm}^3$
$r_1 = 9 \text{ mm}$		$i_y = 65.80 \text{ mm}$	$i_z = 18.40 \text{ mm}$
$y_s = 41 \text{ mm}$		$S_y = 6.19\text{E}+4 \text{ mm}^3$	$S_z = 1.30\text{E}+4 \text{ mm}^3$
$d = 127.2 \text{ mm}$		Warping and buckling	
$A = 2010 \text{ mm}^2$		$I_w = 3.96\text{E}+9 \text{ mm}^6$	$I_t = 3.58\text{E}+4 \text{ mm}^4$
$A_L = 0.62 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$	$G = 15.8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$	$i_w = 20.50 \text{ mm}$	$i_{pc} = 68.30 \text{ mm}$

Slika 10 Karakteristike A nosača [6]



Slika 11 Proračunski model A nosača

2.4.1.1. Kontrola čvrstoće

Maksimalno naprezanje računa se prema izrazu:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_y}, \quad (4)$$

pri čemu maksimalni moment savijanja iznosi

$$M_{\max} = 6750000 \text{ Nmm}, \quad (5)$$

dok je vrijednost momenta otpora presjeka korištenog IPN 160 nosača

$$W_y = 1,09 \cdot 10^5 \text{ mm}^3. \quad (6)$$

Uvrštavanjem u izraz za maksimalno naprezanje dobivamo:

$$\sigma_{\max} = \frac{6750000}{1,09 \cdot 10^5}, \quad (7)$$

$$\sigma_{\max} \approx 62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (8)$$

Maksimalno naprezanje manje je od dopuštenog:

$$\sigma_{\max} \approx 62 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (9)$$

2.4.1.2. Kontrola krutosti

Vrijednost dopuštenog progiba računa se prema izrazu:

$$w_{\text{dop}} = \frac{L}{600}, \quad (10)$$

pri čemu je L dužina nosača.

Dozvoljena vrijednost progiba za ovaj slučaj iznosi:

$$w_{\text{dop}} = \frac{2900}{600}, \quad (11)$$

$$w_{\text{dop}} = 4,8 \text{ mm} \quad (12)$$

Stvarni progib računa se prema izrazu:

$$w_{\max} = \frac{F \cdot a}{24 \cdot E \cdot I_y} (3 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2). \quad (13)$$

Uvrštavanjem vrijednosti dobiva se stvarni progib:

$$w_{\max} = \frac{30000 \cdot 225}{24 \cdot 210000 \cdot 8,69 \cdot 10^6} (3 \cdot 2900^2 - 4 \cdot 225^2), \quad (14)$$

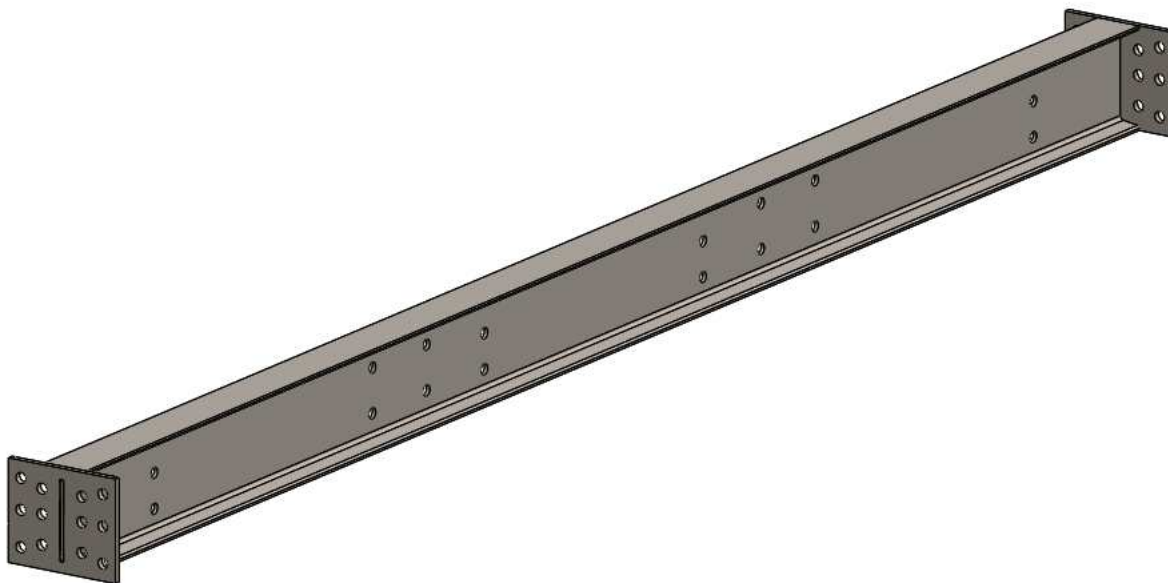
$$w_{\max} = 3,85 \text{ mm}. \quad (15)$$

Maksimalni progib manji je od dopuštenog:

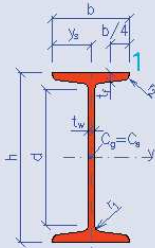
$$w_{\max} = 3,85 \text{ mm} \leq w_{\text{dop}} = 4,8 \text{ mm}. \quad (16)$$

2.4.2. Kontrola B nosača

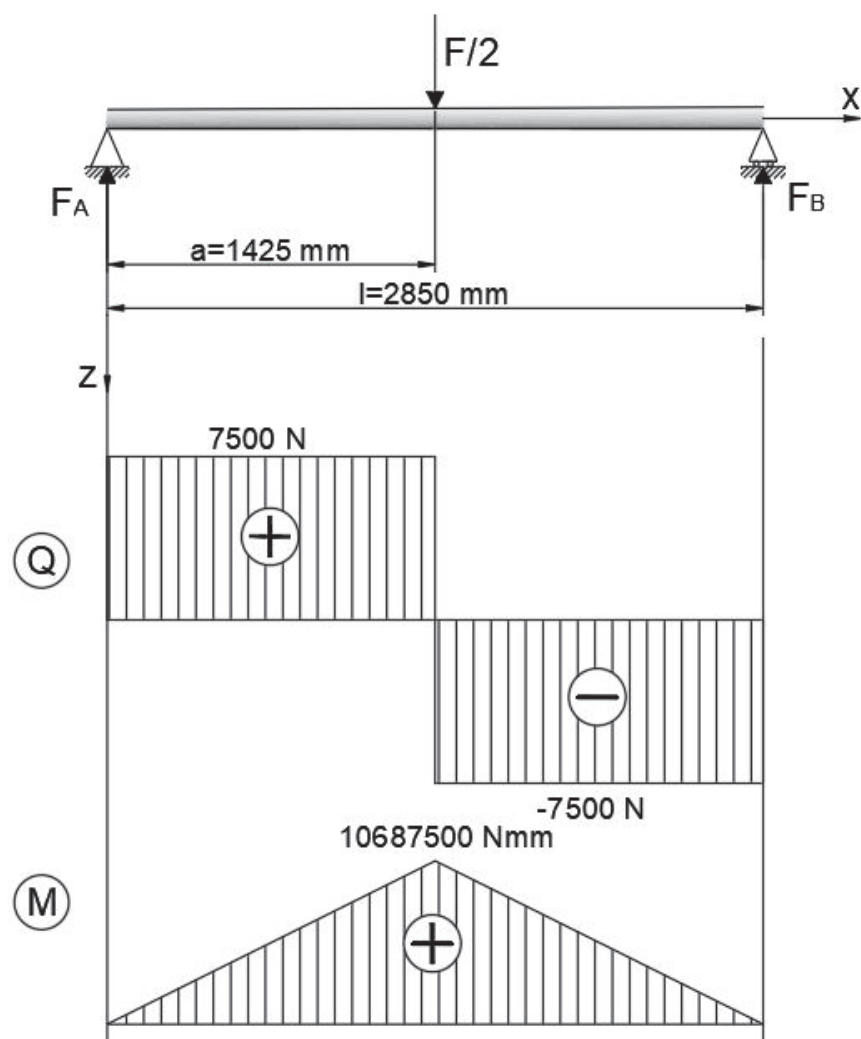
B nosač izrađen je od IPN 160 profila. Na čeonim stranama ima pločice za spajanje sa A nosačima.



Slika 12 B nosač

IPN 160			
Geometry		Section properties	
$h = 160 \text{ mm}$		Axis y	Axis z
$b = 74 \text{ mm}$		$I_y = 9.34 \text{E}+6 \text{ mm}^4$	$I_z = 5.46 \text{E}+5 \text{ mm}^4$
$t_f = 9.5 \text{ mm}$		$W_{y1} = 1.17 \text{E}+5 \text{ mm}^3$	$W_{z1} = 1.48 \text{E}+4 \text{ mm}^3$
$t_w = 6.3 \text{ mm}$		$W_{y,pl} = 1.36 \text{E}+5 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 2.43 \text{E}+4 \text{ mm}^3$
$r_1 = 6.3 \text{ mm}$		$i_y = 64 \text{ mm}$	$i_z = 15.5 \text{ mm}$
$r_2 = 3.8 \text{ mm}$		$S_y = 6.79 \text{E}+4 \text{ mm}^3$	$S_z = 1.22 \text{E}+4 \text{ mm}^3$
$y_s = 37 \text{ mm}$		Warping and buckling	
$d = 125.7 \text{ mm}$	$G = 17.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$	$I_w = 2.97 \text{E}+9 \text{ mm}^6$	$I_t = 6.58 \text{E}+4 \text{ mm}^4$
$A_L = 0.57 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$	$A = 2280 \text{ mm}^2$	$i_w = 17.3 \text{ mm}$	$i_{pc} = 65.8 \text{ mm}$

Slika 13 Karakteristike B nosača [6]



Slika 14 Proračunski model B nosača

2.4.2.1. Kontrola čvrstoće

Maksimalno naprezanje računa se prema izrazu:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_y}, \quad (17)$$

pri čemu maksimalni moment savijanja iznosi

$$M_{\max} = 10687500 \text{ Nmm}, \quad (18)$$

dok je vrijednost momenta otpora presjeka korištenog IPE 160 nosača

$$W_y = 1,17 \cdot 10^5 \text{ mm}^3. \quad (19)$$

Uvrštavanjem u izraz za maksimalno naprezanje dobivamo:

$$\sigma_{\max} = \frac{10687500}{1,17 \cdot 10^5}, \quad (20)$$

$$\sigma_{\max} \approx 92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (21)$$

Maksimalno naprezanje manje je od dopuštenog:

$$\sigma_{\max} \approx 92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (22)$$

2.4.2.2. Kontrola krutosti

Vrijednost dopuštenog progiba računa se prema izrazu:

$$w_{\text{dop}} = \frac{L}{600}, \quad (23)$$

pri čemu je L dužina nosača.

Dozvoljena vrijednost progiba za ovaj slučaj iznosi:

$$w_{\text{dop}} = \frac{2850}{600}, \quad (24)$$

$$w_{\text{dop}} = 4,75 \text{ mm}. \quad (25)$$

Stvarni progib računa se prema izrazu:

$$w_{\max} = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_y}. \quad (26)$$

Uvrštavanjem vrijednosti dobiva se stvarni progib:

$$w_{\max} = \frac{15000 \cdot 2850^3}{48 \cdot 210000 \cdot 9,34 \cdot 10^6}, \quad (27)$$

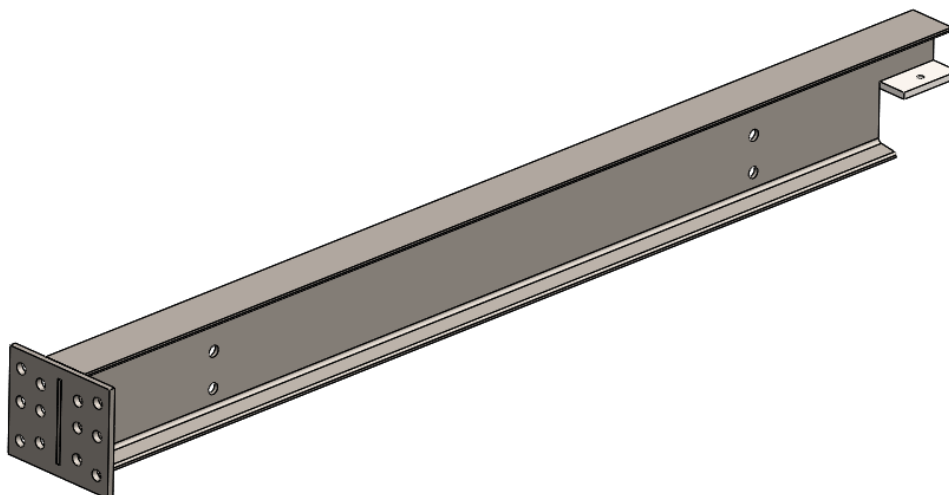
$$w_{\max} \approx 3,7 \text{ mm}. \quad (28)$$

Maksimalni progib manji je od dopuštenog:

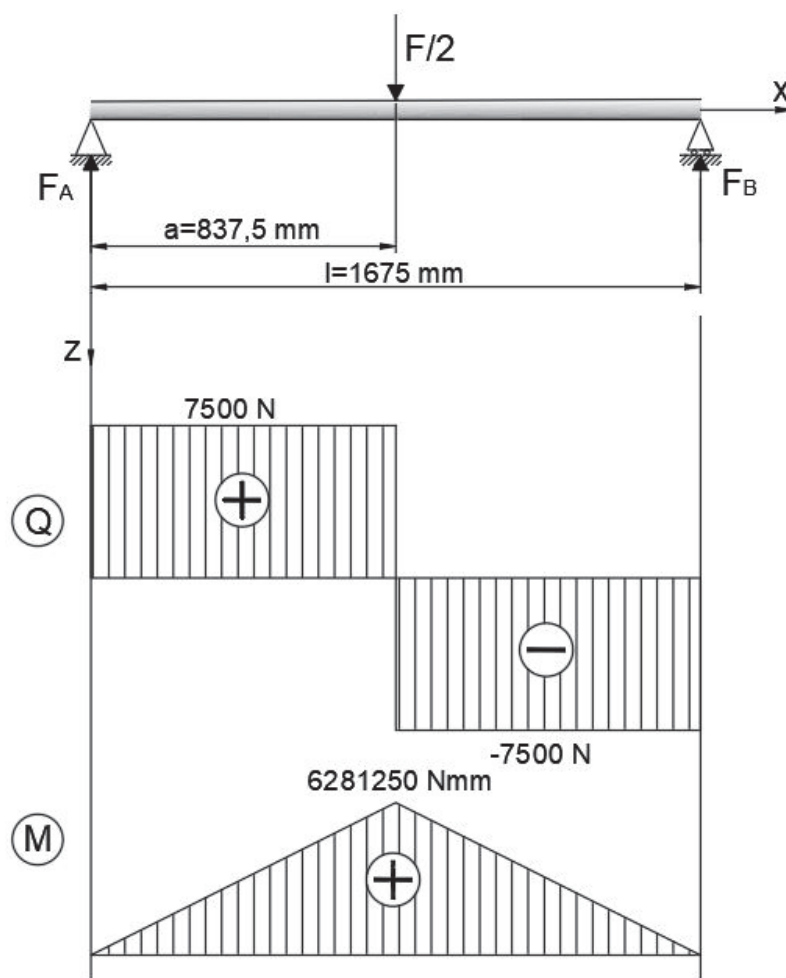
$$w_{\max} \approx 3,7 \text{ mm} \leq w_{\text{dop}} = 4,75 \text{ mm}. \quad (29)$$

2.4.3. Kontrola C nosača

Iako je C nosač prilikom rada u formi konzole, za vrijeme maksimalnog opterećenja (navoženje traktora) na slobodnom kraju je oslonjen na utovarnu rampu, te ga možemo razmatrati kao gredu na dva oslonca. Izrađen je od IPN 160 profila čije se karakteristike nalaze na Slici 13. Na jednom kraju nosača nalazi se pločica za spajanje na A nosač, dok je na drugom kraju formiran oslonac na rampu.



Slika 15 C nosač



Slika 16 Proračunski model C nosača

2.4.3.1. Kontrola čvrstoće

Maksimalno naprezanje računa se prema izrazu:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_y}, \quad (30)$$

pri čemu maksimalni moment savijanja iznosi

$$M_{\max} = 6281250 \text{ Nmm}, \quad (31)$$

dok je vrijednost momenta otpora presjeka korištenog IPE 160 nosača

$$W_y = 1,17 \cdot 10^5 \text{ mm}^3. \quad (32)$$

Uvrštavanjem u izraz za maksimalno naprezanje dobivamo:

$$\sigma_{\max} = \frac{6281250}{1,17 \cdot 10^5}, \quad (33)$$

$$\sigma_{\max} \approx 54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (34)$$

Maksimalno naprezanje manje je od dopuštenog:

$$\sigma_{\max} \approx 54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (35)$$

2.4.3.2. Kontrola krutosti

Vrijednost dopuštenog progiba računa se prema izrazu:

$$w_{\text{dop}} = \frac{L}{600}, \quad (36)$$

pri čemu je L dužina nosača.

Dozvoljena vrijednost progiba za ovaj slučaj iznosi:

$$w_{\text{dop}} = \frac{1675}{600}, \quad (37)$$

$$w_{\text{dop}} = 2,79 \text{ mm} \quad (38)$$

Stvarni progib računa se prema izrazu:

$$w_{\max} = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_y}. \quad (39)$$

Uvrštavanjem vrijednosti dobiva se stvarni progib:

$$w_{\max} = \frac{15000 \cdot 1675^3}{48 \cdot 210000 \cdot 9,34 \cdot 10^6}, \quad (40)$$

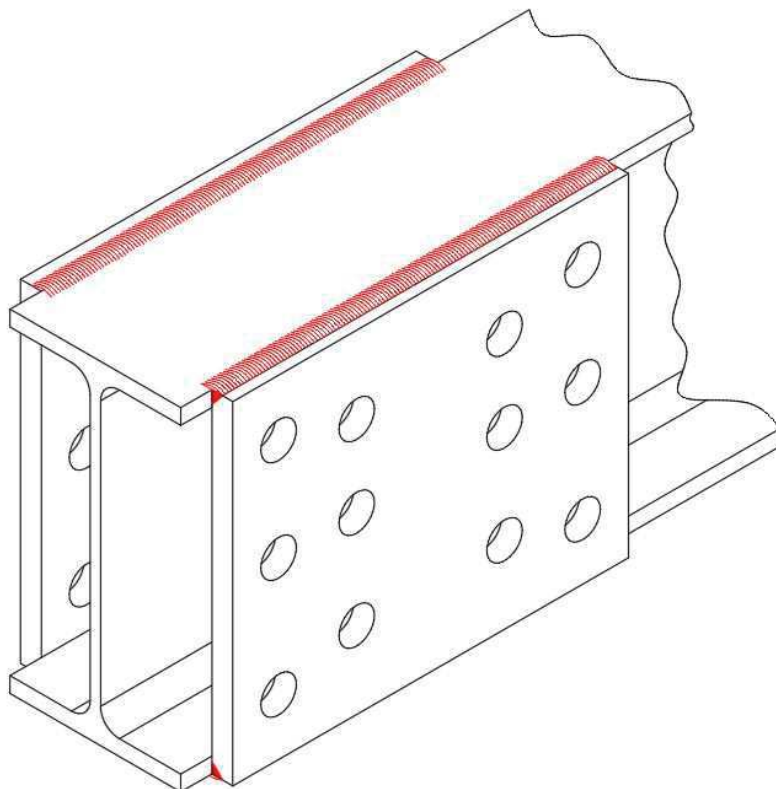
$$w_{\max} = 0,75 \text{ mm}. \quad (41)$$

Maksimalni progib manji je od dopuštenog:

$$w_{\max} = 0,75 \text{ mm} \leq w_{\text{dop}} = 2,79 \text{ mm}. \quad (42)$$

2.4.4. Kontrola zavora A nosača i prirubne pločice

Prirubna pločica zavorena je na bočnu stranu A nosača i služi za spajanje sa B i C nosačem.



Slika 17 Prirubna pločica A nosača

Dimenzije zavora dane su na slici u nastavku.



Slika 18 Zavar pločice A nosača

Moment inercije zavora računa se prema formuli:

$$I_{y \text{ zav}} = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} \quad (43)$$

$$I_{y \text{ zav}} = \frac{190 \cdot 160^3}{12} - \frac{190 \cdot 146^3}{12} \quad (44)$$

$$I_{y \text{ zav}} = 15577846,66 \text{ mm}^4 \quad (45)$$

Moment otpora presjeka zavora za konkretan slučaj iznosi:

$$W_{y \text{ zav}} = \frac{I_{y \text{ zav}}}{80} \quad (46)$$

$$W_{y \text{ zav}} = \frac{15577846,66}{80} = 194723 \text{ mm}^3. \quad (47)$$

Normalno naprezanje u zavaru iznosi:

$$\sigma_{y \text{ zav}} = \frac{M}{W_{y \text{ zav}}} \quad (48)$$

$$\sigma_{y \text{ zav}} = \frac{25125000}{194723} \quad (49)$$

$$\sigma_{y \text{ zav}} = 129 \text{ N/mm}^2. \quad (50)$$

Kod proračuna tangencijalnog naprezanja zavora uzimaju se u obzir samo površine paralelne s opterećenjem, ali u ovom slučaju su obadvije površine okomite na smjer opterećenja pa će se napraviti iznimka i uzeti ih u proračun.

Tangencijalno naprezanje u zavaru iznosi:

$$\tau_{y \text{ zav}} = \frac{F}{A_{\text{zav}}} \quad (51)$$

$$\tau_{y \text{ zav}} = \frac{15000}{2 \cdot 7 \cdot 190} \quad (52)$$

$$\tau_{y \text{ zav}} \approx 6 \text{ N/mm}^2. \quad (53)$$

Reducirajuće naprezanje u zavaru iznosi:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_{y \text{ zav}}^2 + 3 \cdot \tau_{y \text{ zav}}^2} \quad (54)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{129^2 + 3 \cdot 6^2} \approx 130 \text{ N/mm}^2. \quad (55)$$

Dopušteno naprezanje za pogonsku grupu B1 i zarezno djelovanje K0 prema [7] (str 51., tabl 1.18) iznosi:

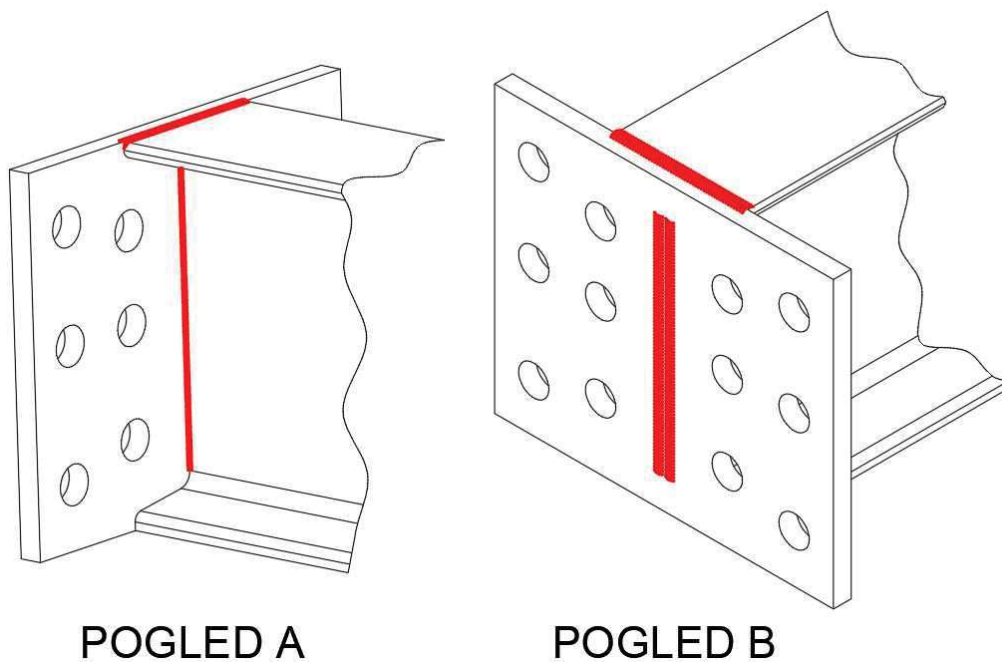
$$\sigma_{\text{dop}} = 270 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}. \quad (56)$$

Iz čega slijedi:

$$\sigma_{\text{red}} \approx 130/\text{mm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}} = 270 \text{ N/mm}^2. \quad (57)$$

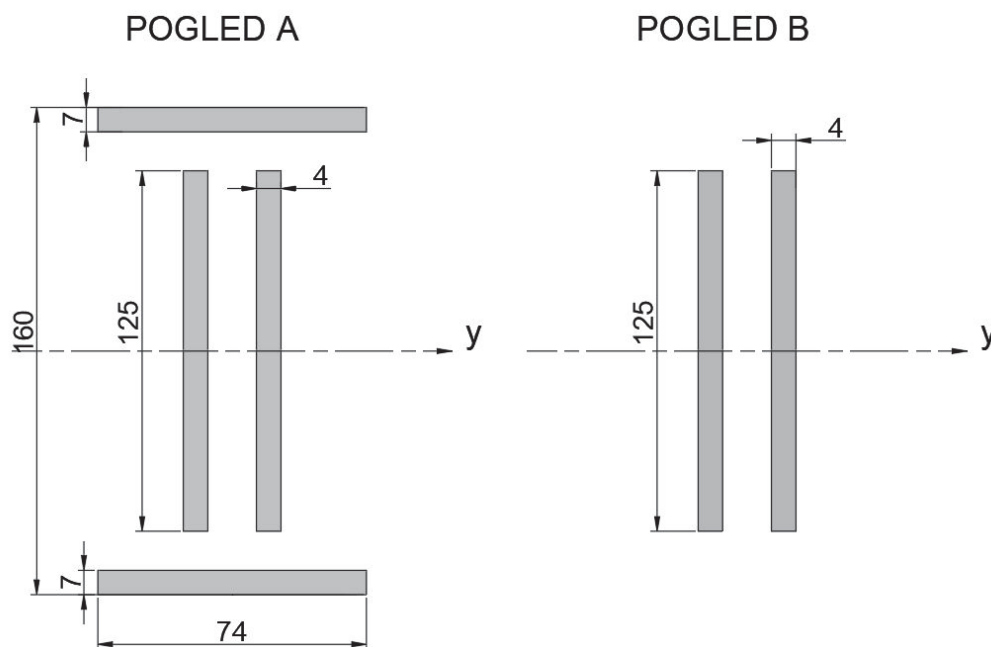
2.4.5. Kontrola zavora C nosača i prirubne pločice

Pločica je čelono zavarena na IPN 160 profil C nosača prema slici u nastavku.



Slika 19 Pločica C nosača

Dimenzije zavora dane su na slici u nastavku.



Slika 20 Zavar pločice C nosača

Moment inercije presjeka zavora za dimenzije prema slici iznosi:

$$I_{y \text{ zav}} = 4 \cdot \frac{4 \cdot 125^3}{12} + 2 \cdot \left(\frac{74 \cdot 7^3}{12} + 76,5^2 \cdot 7 \cdot 74 \right) \quad (58)$$

$$I_{y \text{ zav}} = 8671327,93 \text{ mm}^4. \quad (59)$$

Moment otpora za konkretni presjek iznosi:

$$W_{y \text{ zav}} = \frac{I_{y \text{ zav}}}{80} \quad (60)$$

$$W_{y \text{ zav}} = \frac{8671327,93}{80} = 108391,6 \text{ mm}^3. \quad (61)$$

Normalno naprezanje u zavaru iznosi:

$$\sigma_{y \text{ zav}} = \frac{M}{W_{y \text{ zav}}} \quad (62)$$

$$\sigma_{y \text{ zav}} = \frac{25125000}{108391,6} \quad (63)$$

$$\sigma_{y \text{ zav}} \approx 232 \text{ N/mm}^2. \quad (64)$$

Tangencijalno naprezanje (uz uzimanje u obzir samo površina paralelnih sa opterećenjem) iznosi:

$$\tau_{y \text{ zav}} = \frac{F}{A_{\text{zav}}} \quad (65)$$

$$\tau_{y \text{ zav}} = \frac{15000}{4 \cdot 4 \cdot 125} \quad (66)$$

$$\tau_{y \text{ zav}} \approx 7 \text{ N/mm}^2. \quad (67)$$

Reducirajuće naprezanje u zavaru iznosi:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma_{y \text{ zav}}^2 + 3 \cdot \tau_{y \text{ zav}}^2} \quad (68)$$

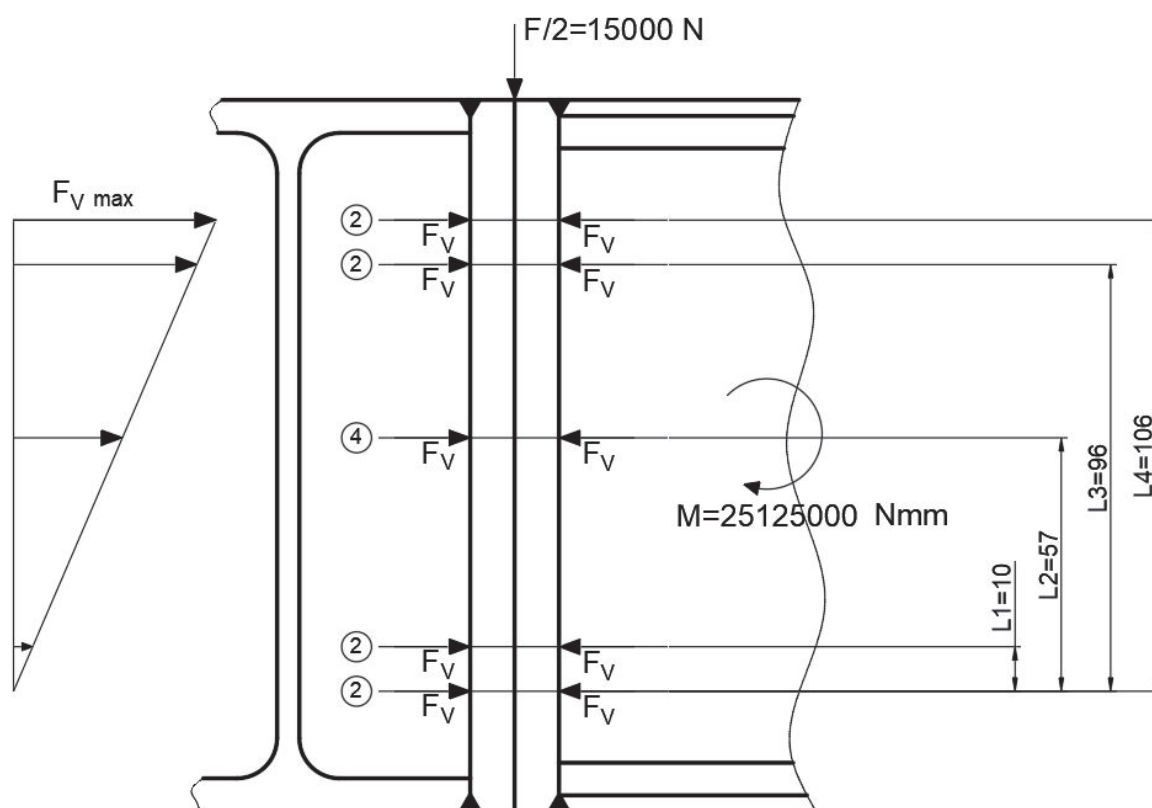
$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{232^2 + 3 \cdot 7^2} \approx 232 \text{ N/mm}^2, \quad (69)$$

što je manje od dopuštenog:

$$\sigma_{\text{red}} \approx 232 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}} = 270 \text{ N/mm}^2. \quad (70)$$

Na B nosaču nalaze se identične pločice, sa manjim iznosom opterećenja pa ih nema potrebe posebno proračunavati.

2.4.6. Proračun vijčanog spoja A i C nosača



Slika 21 Vijčani spoj A i C nosača

Vijčani spoj opterećen je poprečnom silom F u iznosu $F=15000$ N i momentom savijanja u iznosu $M=25125000$ Nmm.

Uz uvjet prenošenja sile isključivo trenjem, vrijednošću faktora trenja čelik/čelik $\mu=0,1$ i spoja sa $n=12$ vijaka, potrebna sila u jednom vijku iznosi:

$$F_{vij1} = \frac{F}{n \cdot \mu} \quad (71)$$

$$F_{vij1} = \frac{15000}{12 \cdot 0,1} = 12500 \text{ N.} \quad (72)$$

Maksimalna sila u vijku uslijed opterećenja momentom računa se prema izrazu:

$$F_{vij2} = F_{s \max} = \frac{M_{\max} + x_{\max}}{2 \cdot L_1^2 + 4 \cdot L_2^2 + 2 \cdot L_3^2 + 2 \cdot L_4^2}, \quad (73)$$

pri čemu se uz dimenzije prema slici dobiva vrijednost maksimalne sile:

$$F_{vij2} = \frac{25125000 \cdot 106}{2 \cdot 10^2 + 4 \cdot 57^2 + 2 \cdot 96^2 + 2 \cdot 106^2} = 49228,3 \text{ N.} \quad (74)$$

Ukupna sila u vijku iznosi:

$$F_{vij} = F_{vij1} + F_{vij2} \quad (75)$$

$$F_{vij} = 12500 + 49228,3 = 61728,3 \text{ N.} \quad (76)$$

Za vijak M16, razreda kvalitete 8.8 dopušteno naprezanje iznosi:

$$\sigma_{dop} = 0,8 \cdot \sigma_T = 0,8 \cdot 800 \cdot 0,8 = 512 \text{ N/mm}^2. \quad (77)$$

Vlačno naprezanje u vijku iznosi:

$$\sigma = \frac{F_{vij}}{A_s} = \frac{61728,3}{157} \approx 393 \text{ N/mm}^2, \quad (78)$$

što je manje od dopuštenog:

$$\sigma \approx 393 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{\text{dop}} = 512 \text{ N/mm}^2. \quad (79)$$

2.4.6.1. Moment pritezanja vijka

Za ostvarivanje uzdužne sile (76) u M16 vijku potreban je minimalni moment pritezanja prema:

$$T = F_{\text{vij}} \cdot \tan(\rho + \alpha) \cdot \frac{d_2}{2}. \quad (80)$$

Pri čemu je:

$$\tan(\alpha) = \frac{P}{d_2 \cdot \pi} = \frac{2}{14,701 \cdot \pi} = 0,043305 \rightarrow \alpha = 2,48^\circ \quad (81)$$

$$\tan(\rho) = \frac{\mu}{\cos(\beta)} = \frac{0,1}{\cos(15^\circ)} = 0,103528 \rightarrow \rho = 5,91^\circ \quad (82)$$

$$T_{\text{vij}} = 61728,3 \cdot \tan(5,91^\circ + 2,48^\circ) \cdot \frac{14,701}{2} \approx 67 \text{ Nm}. \quad (83)$$

2.4.7. Odabir kotača

Okretni dio rotacijske platforme na podnicu oslanja se preko 4 sklopa sa po 2 kotača. Ukupno opterećenje sklopa kotača uslijed mase tereta i konstrukcije tada iznosi:

$$m_{\text{opt kot}} = \frac{m_{\text{ter}} + m_{\text{konst}}}{4} = \frac{12000 + 1200}{4} = 330 \text{ kg} . \quad (84)$$

Odabran je sklop kotača tvrtke Sinkro d.o.o. prema slici u nastavku.



Slika 22 Kotač [8]

Radi mirnijeg rada i smanjenja buke odabran je kotač s gumenom oblogom.

2.4.8. Bočne vodilice

Bočno vođenje ostvaruje se pomoću bočnih vodilica na unutarnjim stranama tračnice. Nosač vodilice izrađen je od kvadratne cijevi 80x80x3, te je vijcima pričvršćen na B nosač.

Podešavanje vođenja vrši se pomicanje osovine s kotačom u utoru, te pritezanjem u najpovoljnijem položaju.

Odabrani je kotač s gumenom oblogom i ugrađenim ležajom tvrtke Sinkro d.o.o prema slici u nastavku.

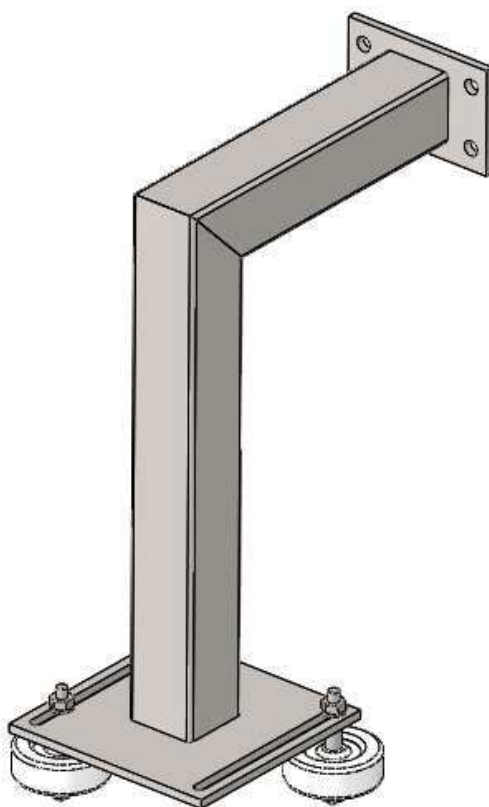

[< Povratak](#)

100x35 DOR

 mm	 mm	 kg	 mm	 kg
100	35	450	15	1025

Naziv proizvođača	Kama
Vrsta proizvoda	Kotači - mekani
Otpornost na toplinu	-20

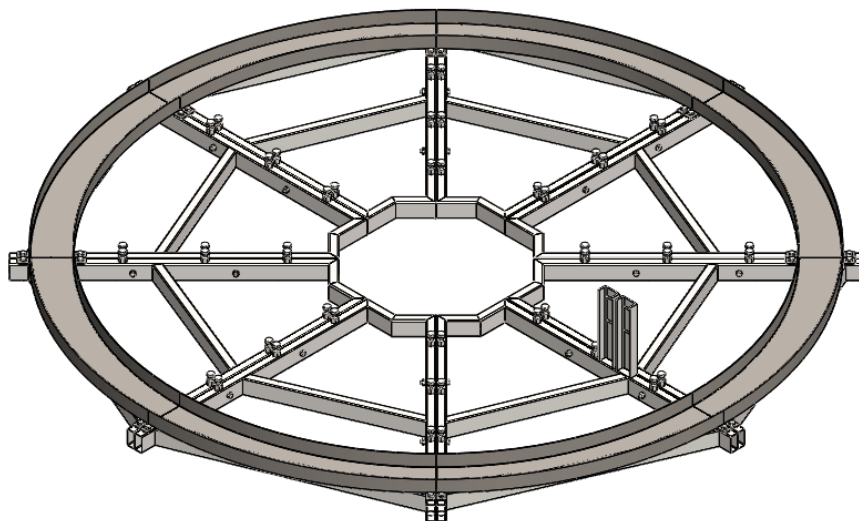
Slika 23 Kotač vodilice [8]



Slika 24 Vodilica

2.4.9. Podnica

Podnica se sastoji od 8 segmenata međusobno povezanih vijcima. Segmenti su izrađeni od kvadratnih cijevi 100x50x3,5. Svaki segment na sebi nosi tračnicu koja je na krajevima pričvršćena vijcima.



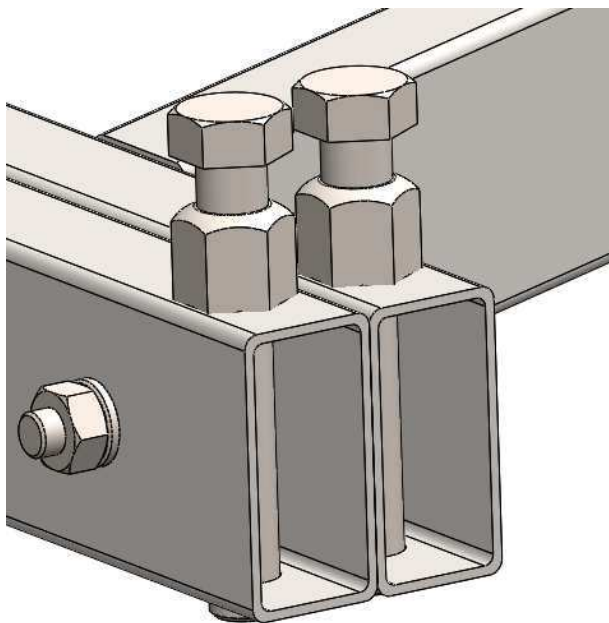
Slika 25 Podnica

Postavljanje u vodoravni položaj vrši se pomoću vijaka za niveliranje. Ukupno je postavljeno 48 komada M24 vijaka, te sila po jednom vijku iznosi:

$$F_{vij} = \frac{12000 \cdot 10}{48} = 2500 \text{ N.} \quad (85)$$

Smično naprezanje u zavaru matice na kvadratnu cijev iznosi:

$$\tau = \frac{F_{vij}}{d \cdot \pi \cdot a} = \frac{2500}{36 \cdot \pi \cdot 3} \approx 8 \text{ N/mm}^2. \quad (86)$$



Slika 26 Vijak za niveliranje

Kompletna tehnička dokumentacija podnice dana je u prilogu.

2.4.10. Gazna površina

Gazna površina širine je 370 mm (razmak nosača). Prema [9] odabrana je podna rešetka Stabil, sa dimenzijama oka 33x33 mm. Noseći trak dimenzije je 30/3, dok je poprečni trak 10/2. Težina takve rešetke iznosi 28 kg/m^2 . Rešetka je vruće pocinčana. Za konstrukciju se pričvršćuje priključnicama, također odabranima iz kataloga [9].



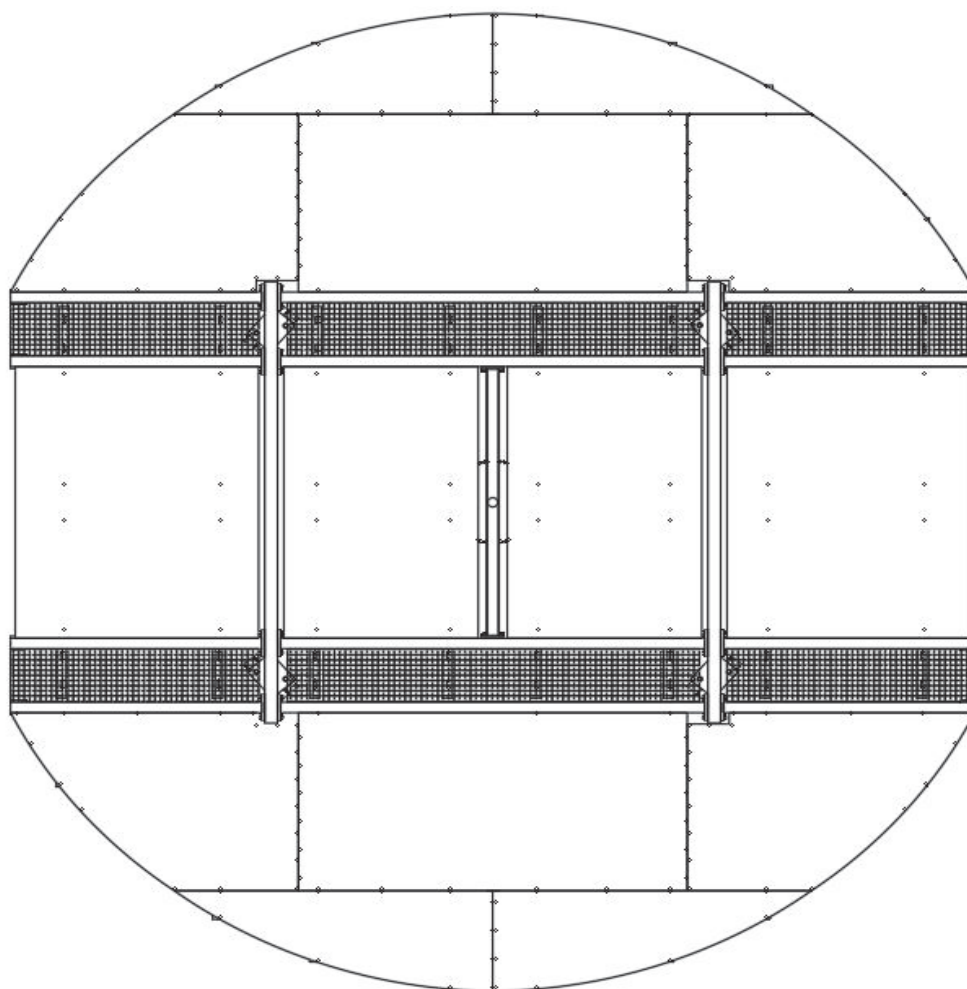
Slika 27 Segment gazne površine

2.4.11. Oplata

Oplata ima svrhu omogućiti operateru hodanje po platformi prilikom navoženja traktora, svrhu zaštite od mogućih izvora opasnosti, te daje platformi kružnu formu.

Oplata je izrađena od vodootporne blažujke debljine 10 mm. Ploče blažujke vijcima se pričvršćuju na aluminijski okvir, te tako tvore segmente.

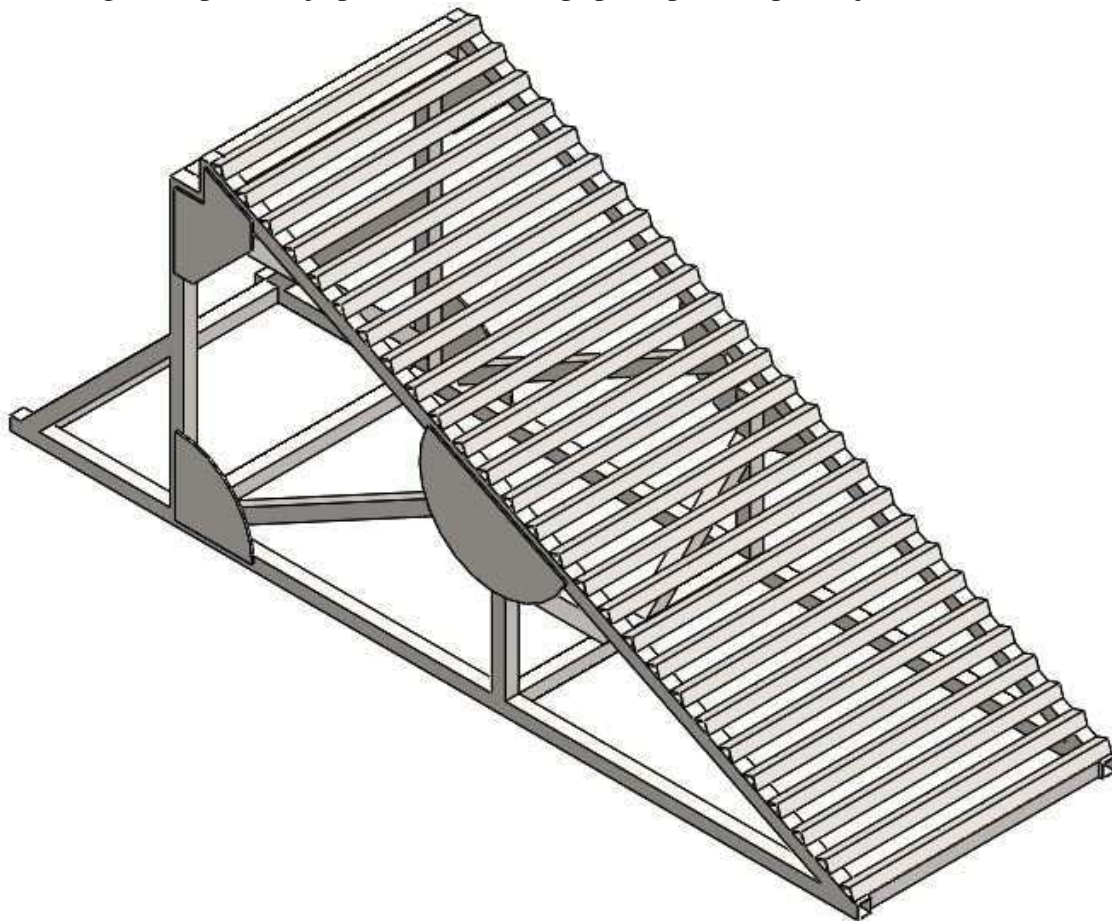
Pri konstrukciji segmenata vodilo se računa o maksimalnoj iskoristivosti pojedinih ploča blažujke u dimenzijama 2500 x 1250 mm. Po obodu se postavlja cerada.



Slika 28 Segmenti oplate

2.4.12. Pristupna rampa

Pristupna rampa koristi se pri navoženju traktora na platformu. Konstruirana je kao rešetkasti nosač. Okretna platforma se preko formiranih oslonaca na C nosačima osloni na nju, te se tako onemogućava prevrtanje platforme. Koncept pristupne rampe dat je na slici u nastavku.



Slika 29 Koncept pristupne rampe

2.5. Proračun elemenata pogonskog mehanizma vrtnje

2.5.1. Proračun elektromotora

2.5.1.1. Izračun dinamičkog momenta inercije pokretnih dijelova

U pokretne dijelove ubrajamo konstrukciju i teret. Dinamički moment inercije konstrukcije okretnog dijela razmatramo kao kružnu ploču:

$$J_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2, \quad (87)$$

što iznosi

$$J_1 = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 3,5^2 = 7350 \text{ kgm}^2. \quad (88)$$

Teret na platformi (traktor) razmatramo kao kocku, sa gabaritnim dimenzijama traktora:

$$J_2 = \frac{1}{12} \cdot m \cdot (a^2 + b^2), \quad (89)$$

pri čemu su $a = 5,8 \text{ m}$ i $b = 3 \text{ m}$ dužina i visina traktora, te dinamički moment inercije iznosi:

$$J_2 = 42640 \text{ kgm}^2. \quad (90)$$

Ukupni dinamički moment inercije za pokretanje iznosi:

$$J_{\text{uk}} = J_1 + J_2 = 7350 + 42640 = 49990 \text{ kgm}^2 \quad (91)$$

2.5.1.2. Izračun potrebnog momenta i snage za pokretanje

Potrebni moment pokretanja računa se prema izrazu:

$$M_{\text{pok}} = \varepsilon \cdot \frac{J_{\text{uk}}}{i^2}. \quad (92)$$

Kutno ubrzanje uz maksimalno ubrzanje od $a_{\text{max}} = 0,6 \text{ m/s}^2$ i radijus platforme od $r = 3,5 \text{ m}$ iznosi:

$$\varepsilon = \frac{a_{\text{max}}}{r} = \frac{0,6}{3,5} = 0,171429 \text{ m/s}^2. \quad (93)$$

Uz izračunato kutno ubrzanje i dinamički moment inercije, te planirani prijemni omjer $i = 4,7$ potrebiti moment za pokretanje iznosi:

$$M_{\text{pok}} = 0,171429 \cdot \frac{49990}{4,7^2} = 388 \text{ Nm} . \quad (94)$$

Potrebna nazivna snaga elektromotora računa se prema izrazu:

$$P_n = \frac{M_{\text{pok}} \cdot \omega}{\eta} . \quad (95)$$

Kutna brzina za $n = 4,7$ okr/min iznosi:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot 4,7}{30} = 0,492 \text{ rad/s} . \quad (96)$$

Uz prethodno izračunate veličine i faktor korisnosti od $\eta = 0,9$ potrebna je nazivna snaga:

$$P_n = \frac{388 \cdot 0,492}{0,9} = 212,1 \text{ W} . \quad (97)$$

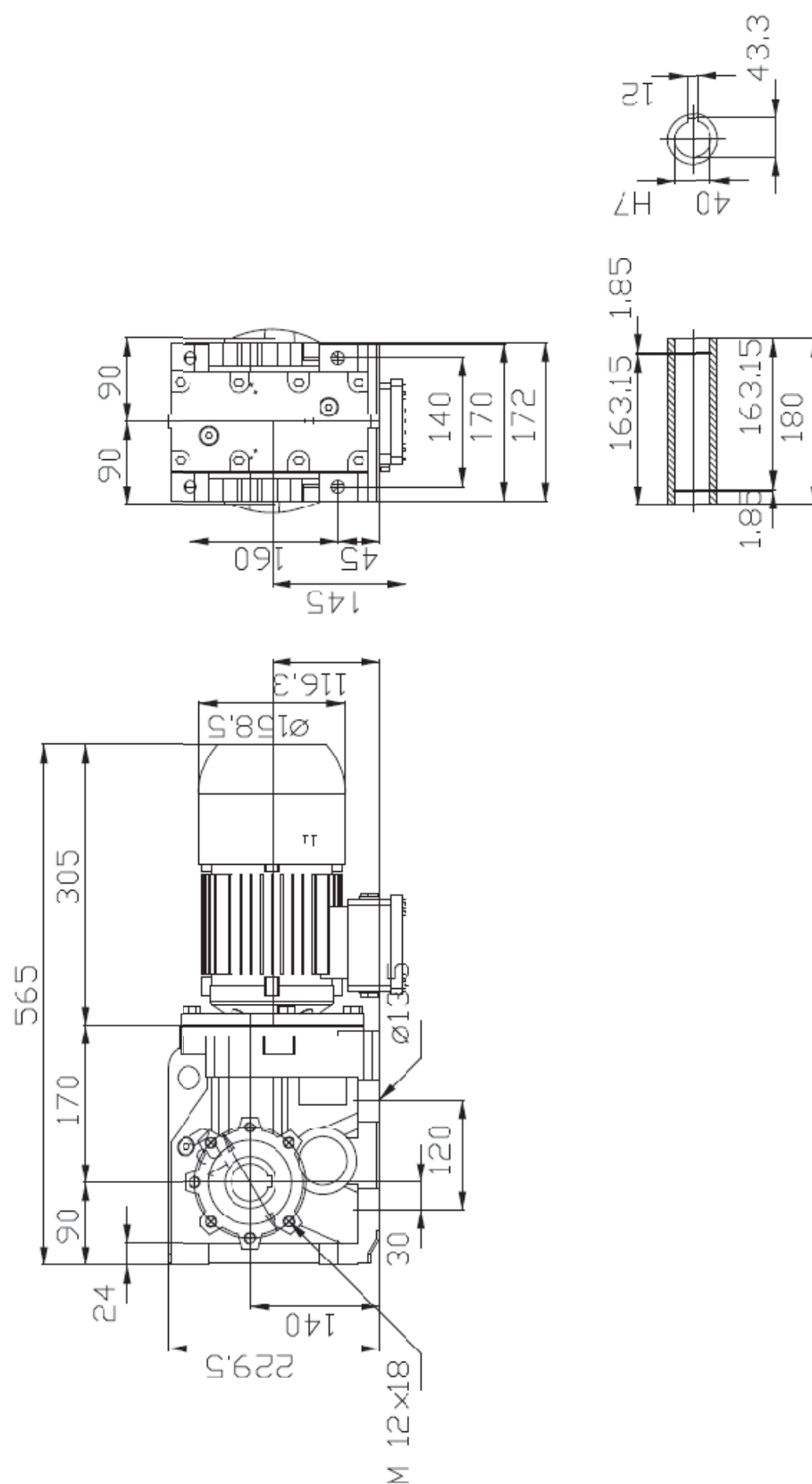
2.5.1.3. Odabir elektromotora

Prema prethodno izračunatim potrebnim karakteristikama motora, izabran je elektromotor sa reduktorom tvrtke WattDrive oznake **KH 063 – 11N – 80 – 06E –TH – TF – BR10**, sa specifikacijama u Tablici 1.

Tablica 1 Specifikacije motora

Nazivna snaga	$P_n=370 \text{ W}$
Broj okretaja na izlazu iz motora	$n_m=920 \text{ okr/min}$
Okretni moment na izlazu iz motora	$M_m=3,8 \text{ Nm}$
Broj okretaja na izlazu reduktora	$n=4,7 \text{ okr/min}$
Okretni moment na izlazu iz reduktora	$M=760 \text{ Nm}$
Moment inercije motora i reduktora	$J=1,9 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$
Ukupna masa	$m=38,1 \text{ kg}$

Ostale karakteristike dane su u prilogu.



Slika 30 Dimenzije motora prema [10]

2.5.2. Proračun lančanog prijenosa

2.5.2.1. Prijenosni omjer

Traženi prijenosni omjer iznosi:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{4,7}{1} = 4,7 . \quad (98)$$

Stvarni prijenosni omjer definiran je odabranim brojem zubaca i iznosi:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{71}{15} = 4,73 , \quad (99)$$

pri čemu je stvarni broj okretaja gonjenog lančanika:

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{4,7}{4,73} = 0,993 \text{ okr/min} . \quad (100)$$

2.5.2.2. Udarna snaga

Udarna snaga računa se prema izrazu u nastavku.

$$P_D = \frac{P}{m \cdot k} \quad (101)$$

Gdje su:

P – snaga koju treba prenijeti lancem [kW],

m – faktor nošenja lanca (za trostruki lanac $m=2,55$),

k – faktor snage

Faktor udara	Broj zubaca z , malog lančanika									
c	13	15	17	19	21	23	25	38	45	57
1	(0,66)	0,78	0,89	1	1,11	1,23	1,35	2,11	2,54	3,28
1,5	(0,53)	0,62	0,71	0,80	0,89	0,98	1,08	1,69	2,03	2,62
2	(0,49)	0,57	0,65	0,73	0,81	0,90	0,98	1,54	1,85	2,39
3	(0,42)	(0,49)	0,56	0,63	0,70	0,77	0,85	1,33	1,60	2,06
4	(0,39)	(0,45)	(0,51)	0,58	0,65	0,71	0,78	1,23	1,47	1,80
5	(0,35)	(0,41)	(0,47)	(0,53)	0,59	0,65	0,72	1,12	1,35	1,74

Slika 31 Faktor snage [7]

Uz uvrštavanje veličina, udarna snaga iznosi:

$$P_D = \frac{0,25}{2,55 \cdot 0,57} = 0,17 \text{ kW} . \quad (102)$$

2.5.2.3. Broj članaka

Uz odabrani korak lanca $p = 25,4$ mm, i izračunati približni osni razmak prema [11]:

$$a' \leq 50 \cdot p \quad (103)$$

$$a' \leq 50 \cdot p = 50 \cdot 25,4 = 1270 \text{ mm} \quad (104)$$

broj članaka iznosi

$$X = 2 \cdot \frac{a'}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{p}{a'} \quad (105)$$

$$X = 2 \cdot \frac{1270}{25,4} + \frac{15 + 71}{2} + \left(\frac{71 - 15}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{25,4}{1270} = 144,59 \quad (106)$$

Pošto broj članaka mora biti cijeli broj, zaokružujem ga na $X = 145$.

2.5.2.4. Duljina lanca

Ukupna duljina lanca iznosi:

$$L = p \cdot x \quad (107)$$

$$L = 25,4 \cdot 145 = 3683 \text{ mm}. \quad (108)$$

2.5.2.5. Osni razmak

Osni razmak računa se prema relaciji:

$$a = \frac{p}{8} \cdot (2X - z_1 - z_2 + \sqrt{(2X - z_1 - z_2)^2 - f(z_2 - z_1)^2}). \quad (109)$$

Uz proračunski faktor f prema slici,

$\frac{X - z_1}{z_2 - z_1}$	f	$\frac{X - z_1}{z_2 - z_1}$	f	$\frac{X - z_1}{z_2 - z_1}$	f	$\frac{X - z_1}{z_2 - z_1}$	f	$\frac{X - z_1}{z_2 - z_1}$	f	$\frac{X - z_1}{z_2 - z_1}$	f
12	0,8106	4	0,8110	2,3	0,8127	1,37	0,8215	1,25	0,8270	1,13	0,8372
11	0,8106	3,8	0,8111	2,2	0,8130	1,36	0,8219	1,24	0,8276	1,12	0,8387
10	0,8107	3,6	0,8112	2,1	0,8134	1,35	0,8222	1,23	0,8282	1,11	0,8405
9	0,8107	3,4	0,8113	2	0,8138	1,34	0,8226	1,22	0,8289	1,1	0,8425
8	0,8107	3,2	0,8114	1,9	0,8143	1,33	0,8230	1,21	0,8295	1,09	0,8448
7	0,8108	3	0,8115	1,8	0,8150	1,32	0,8234	1,2	0,8302	1,08	0,8474
6	0,8108	2,9	0,8116	1,7	0,8158	1,31	0,8238	1,19	0,8310	1,07	0,8503
5	0,8109	2,8	0,8118	1,6	0,8170	1,3	0,8243	1,18	0,8318	1,06	0,8537
4,8	0,8109	2,7	0,8119	1,5	0,8185	1,29	0,8248	1,17	0,8326	1,058	0,8544
4,6	0,8109	2,6	0,8121	1,4	0,8207	1,28	0,8253	1,16	0,8336	1,056	0,8551
4,4	0,8110	2,5	0,8123	1,39	0,8209	1,27	0,8258	1,15	0,8346	1,054	0,8559
4,2	0,8110	2,4	0,8125	1,38	0,8212	1,26	0,8264	1,14	0,8358	1,052	0,8567

Slika 32 Proračunski faktor [7]

osni razmak iznosi

$$a = \frac{25,4}{8} \cdot \left(145 - 15 - 71 + \sqrt{(2 \cdot 145 - 15 - 71)^2 - 0,8127(71 - 15)^2} \right) \quad (110)$$

$$a = 1275,25 \text{ mm.} \quad (111)$$

2.5.2.6. Odabir lanca

Prema [2], iz izračunate vrijednosti udarne snage i broja okretaja pogonskog lančanika odabire se lanac oznake: **16 B – 3 X 157 DIN 8187**.

Broj lanca	Brzina vrtnje n_1 (min ⁻¹)																		
	1	4	10	25	50	100	125	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
03										0,09	0,14	0,18	0,23	0,28	0,36	0,46	0,50	0,65	0,81
04							0,07	0,09	0,13	0,22	0,29	0,37	0,46	0,59	0,74	0,92	1,1		
05 B						0,12	0,15	0,18	0,29	0,44	0,63	0,81	0,92	1,18	1,48	1,70			
06 B				0,08	0,15	0,29	0,37	0,44	0,66	0,96	1,47	1,84	2,32	2,95	3,54	3,83			
08 B			0,09	0,21	0,40	0,74	0,92	1,18	1,70	2,43	3,83	4,64	5,90	7,36	7,70				
10 B			0,15	0,33	0,63	1,18	1,46	1,77	2,60	3,90	6,00	7,36	9,20	11,0					
12 B		0,09	0,23	0,51	0,92	1,84	2,20	2,80	3,95	6,10	9,20	11,8	14,6	14,6					
16 B	0,08	0,28	0,63	1,47	2,94	5,15	5,95	7,70	11,8	18,4	27,2	32,0	29,5						
20 B	0,16	0,52	1,18	2,94	5,15	9,60	12,5	14,7	23,2	35,3	46,4	46,4							
24 B	0,32	1,00	1,91	5,90	10,3	19,5	24,3	29,4	46,4	73,6	73,6								
28 B	0,45	1,47	3,24	7,36	14,7	26,5	32,4	39,0	59,0	92,0									
32 B	0,59	2,00	4,64	11,0	19,8	36,8	46,4	59,0	88,5	92,0									
40 B	1,18	3,82	9,20	19,8	37,6	73,6	92,0	110	118										

Slika 33 Udarana snaga lanca [7]

Veličasti lanac izrade za Europan DIN 8167 ¹⁾ (HRN MLC1.020, 021 i 022)																		
Broj lanca Red		t (mm)	b ₁ (mm)	d ₁ (mm)	e (mm)	g ₁ (mm)	Jednostruki lanac				Dvostruki lanac				Trostruki lanac			
1	2						a ₁ (mm)	F _B (kN)	A (cm ²)	q (kg/m)	a ₂ (mm)	F _B (kN)	A (cm ²)	q (kg/m)	a ₂ (mm)	F _B (kN)	A (cm ²)	q (kg/m)
05 B	03	5	2,5	3,2	—	4,1	7,4	2,0	0,06	0,08	—	—	—	—	—	—	—	—
	04	6	2,8	4	—	5	7,4	3,0	0,07	0,12	—	—	—	—	—	—	—	
	8	3	5	5,64	7,11	8,6	4,6	0,11	0,18	14,3	8,0	0,22	0,36	19,9	11,4	0,33	0,54	
	06 B	9,525	5,72	6,35	10,24	8,26	13,5	9,1	0,28	0,41	23,8	17,3	0,55	0,78	34	25,4	0,83	1,18
	081	12,7	3,3	7,75	—	9,91	10,2	8,2	0,21	0,28	—	—	—	—	—	—	—	
	082	12,7	2,38	7,75	—	9,91	8,2	10,0	0,16	0,26	—	—	—	—	—	—	—	
	083	12,7	4,88	7,75	—	10,3	12,9	12,0	0,32	0,42	—	—	—	—	—	—	—	
	084	12,7	4,88	7,75	—	11,15	14,8	16,0	0,35	0,59	—	—	—	—	—	—	—	
	085	12,7	6,38	7,77	—	9,91	14	6,8	0,32	0,38	—	—	—	—	—	—	—	
	08 B	12,7	7,75	8,51	13,92	11,81	17	18,2	0,50	0,70	31	31,8	1,00	1,35	44,9	45,4	1,50	2,0
10 B		15,875	9,65	10,16	16,59	14,73	19,6	22,7	0,67	0,95	36,2	45,4	1,34	1,85	52,8	68,1	2,02	2,8
		19,05	11,68	12,07	19,46	16,13	22,7	29,5	0,89	1,25	42,2	59,0	1,78	2,5	61,7	88,5	2,68	3,8
	16 B	25,4	17,02	15,88	31,88	21,08	21,08	36,1	58,0	2,10	2,7	110	4,21	5,4	99,9	165	6,32	8
	20 B	31,75	19,56	19,05	36,45	26,42	43,2	95,0	2,95	3,6	79,7	180	5,91	7,2	116,1	270	8,86	11
20 B	24 B	38,1	25,4	25,4	48,36	33,4	53,4	170	5,54	6,7	101,8	324	11,09	13,5	150,2	485	16,64	21
	28 B	44,45	30,99	27,94	59,56	37,08	65,1	200	7,40	8,3	124,7	381	14,81	16,6	184,3	571	22,21	25
	32 B	50,8	30,99	29,21	58,55	42,29	67,4	260	8,11	10,5	126	495	16,23	21	184,5	743	24,34	32

Slika 34 Tehnički podaci lanca [7]

Brzina lanca

$$v = d_1 \cdot \pi \cdot n_1 \quad (112)$$

$$v = \frac{p \cdot n_z}{1000} \cdot \pi \cdot \frac{n_1}{60} = \frac{25,4 \cdot 4,8097}{1000} \cdot \pi \cdot \frac{4,7}{60} = 0,03 \text{ m/s} \quad (113)$$

Vučna sila lanca

$$F = \frac{P}{v} \quad (114)$$

$$F = \frac{250}{0,03} = 8333,33 \text{ N} \quad (115)$$

Centrifugalna sila

$$F_f = q \cdot v^2 \quad (116)$$

$$F_f = 8 \cdot 0,03^2 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ N} \quad (117)$$

Centrifugalna sila je mala, te ju nećemo razmatrati u danjem proračunu.

Ukupna vučna sila

$$F_G = F = 8333,33 \text{ N} \quad (118)$$

2.5.2.7. Vijek trajanja spojnice (sigurnost protiv loma)

Sigurnost protiv loma računa se prema izrazu:

$$S_M = \frac{F_M}{F} \cdot y, \quad (119)$$

gdje je F_M lomna sila lanca prema Slici 34, a y faktor udara.

Opterećenje	Faktor udara ϵ	Značajka udara y
Pogon bez udara, ravnomjerno opterećenje	1	1
Ravnomjeran pogon s laganim pojedinačnim udarima, opterećenje s laganim titrajima	1,5	0,8
Lagani udari, opterećenje sa srednje velikim titrajima	2	0,73
Srednji udari, opterećenje s velikim titrajima periodičkog opterećenja	3	0,63
Jaki udari, laki udari koji proizlaze iz pretjecanja	4	0,58
Jaki udari, srednji udari koji proizlaze iz pretjecanja	5	0,53

Slika 35 Faktor udara [7]

$$S_M = \frac{165}{8,3} \cdot 1 \quad (120)$$

$$S_M = 19,8 \geq S_D = 9,25. \quad (121)$$

2.5.2.8. Vijek trajanja valjaka

Vijek trajanja lanaca proračunava se u području rada viših brzina vrtnje, te se u ovom slučaju zanemaruje.

2.5.2.9. Vijek trajanja zglobova

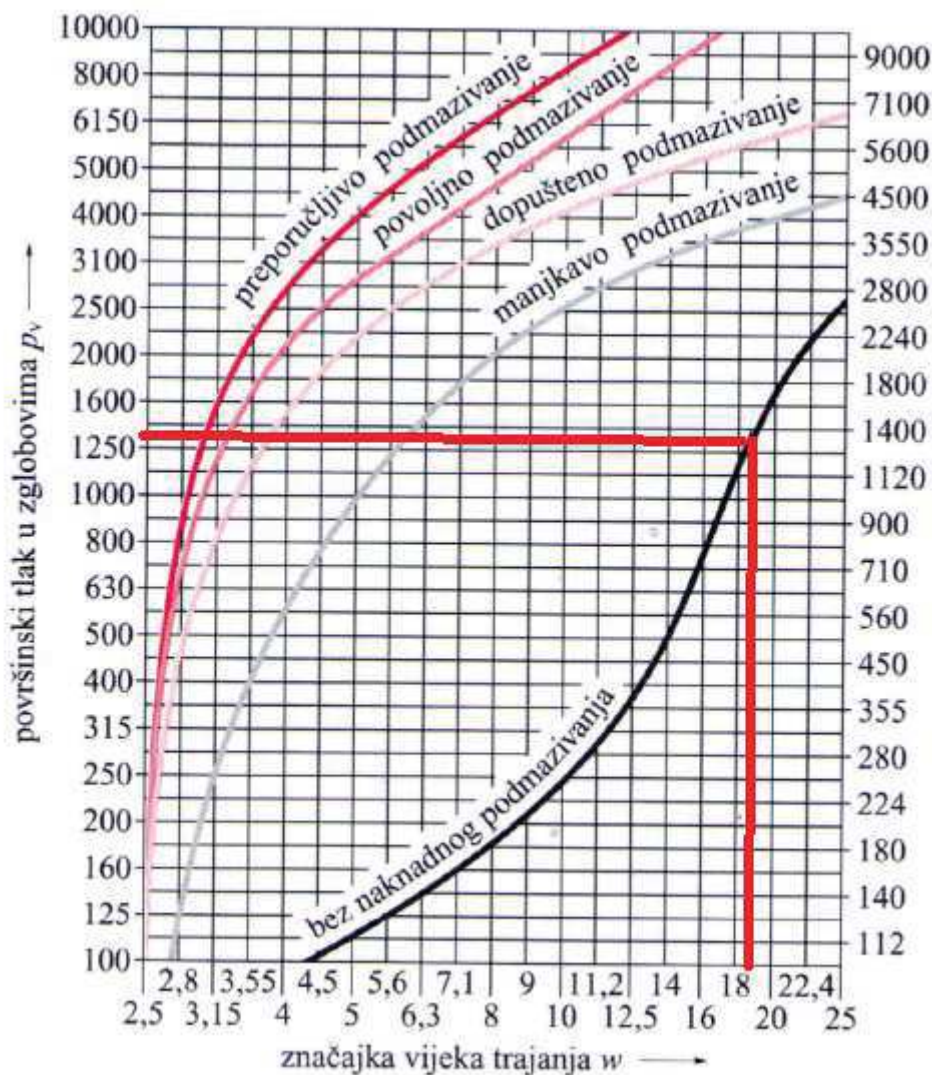
Površinski tlak računa se prema izrazu

$$p_v = \frac{F_G}{A \cdot y}, \quad (122)$$

gdje je A projicirana površina prema Slici 34.

$$p_v = \frac{8333,33}{6,32 \cdot 1} = 1318,56 \text{ N/cm}^2 \quad (123)$$

Očitana značajka vijeka trajanja w za uvjet bez naknadnog podmazivanja iznosi $w=6$.



Slika 36 Značajka vijeka trajanja [7]

Značajka zgloba računa se prema izrazu:

$$w_D = t_v \cdot \lambda_v \quad (124)$$

Gdje su:

t_v – faktor brzine koraka lanca

Brzina lanca v (m/s)	Korak lanca p (mm)											
	9,525	12,7	15,875	19,05	25,4	31,75	38,1	44,45	50,8	63,5	76,2	88,9
0,1	21,2	20,4	18,9	17,9	16,6	15,6	14,8	14,2	13,7	12,9	12	11,2
0,2	16,8	16,2	15,0	14,2	13,2	12,4	11,7	11,3	10,9	10,2	9,5	9,5
0,3	14,7	14,2	13,1	12,4	11,5	10,8	10,2	9,8	9,5	8,9	8,3	7,7
0,4	13,3	12,9	11,9	11,3	10,5	9,8	9,3	9	8,6	8,1	7,6	7,1
0,6	11,6	11,2	10,4	9,9	9,1	8,6	8,1	7,8	7,5	7,1	6,62	6,15
0,8	10,5	10,2	9,4	9	8,3	7,8	7,4	7,1	6,85	6,42	6,01	5,58
1	9,8	9,5	8,8	8,3	7,7	7,3	6,86	6,58	6,36	5,97	5,58	5,19
2	7,8	7,5	6,95	6,6	6,11	5,76	5,45	5,23	5,05	4,74	4,43	4,12
3	6,83	6,58	6,11	5,89	5,35	5,01	4,76	4,57	4,41	4,15	3,89	3,61
4	6,22	5,91	5,42	5,26	4,87	4,59	4,34	4,17	4,03	3,78	3,53	3,28
5	5,75	5,46	5,04	4,91	4,54	4,26	4,03	3,87	3,74	3,52	3,28	3,06
6	5,43	5,17	4,82	4,51	4,28	4,02	3,79	3,65	3,53	3,32	3,1	2,87

Slika 37 Faktor brzine koraka lanca [7]

λ_v – faktor trenja

Broj članaka x	Prijenosni omjer i	Broj zubića malog lančanika z_1									
		13	15	17	19	21	23	25	38	45	57
40	1	0,57	0,64	0,69	0,74	0,76	0,79				
	2	0,63	0,7								
70	1	0,69	0,77	0,83	0,98	0,92	0,95	0,97	1,12		
	2	0,76	0,85	0,91	0,98	1,01	1,04				
	3	0,79	0,88	0,95	1,01						
100	1	0,76	0,87	0,93	1	1,03	1,07	1,1	1,26	1,33	1,44
	2	0,85	0,96	1,03	1,1	1,14	1,17	1,21	1,39		
	3	0,88	0,99	1,07	1,14	1,18	1,22	1,25			
	5	0,91	1,02	1,09	1,17						
200	1	0,97	1,09	1,17	1,26	1,3	1,34	1,38	1,58	1,67	1,81
	2	1,07	1,2	1,29	1,38	1,43	1,47	1,51	1,74	1,84	1,99
	3	1,11	1,25	1,34	1,43	1,48	1,52	1,57	1,81		
	5	1,14	1,28	1,37	1,47	1,52	1,57	1,61			
	7	1,17	1,31	1,41							

Slika 38 Faktor trenja [7]

$$w_D = 16,6 \cdot 1,02 = 16,932 \quad (125)$$

Očekivana vrijednost vijeka trajanja iznosi

$$\frac{w}{w_D} = \frac{19}{16,932} = 1,12, \quad (126)$$

što prema [7] rezultira vijekom trajanja od

$$L_h = 10000 \text{ h.} \quad (127)$$

2.5.2.10. Sila koja opterećuje vratilo

Sila koja opterećuje vratilo prema [7] računa se pomoću izraza

$$F_A \approx 1,5 \cdot F \quad (128)$$

$$F_A = 1,5 \cdot 8333 = 12500 \text{ N.} \quad (129)$$

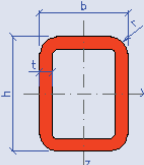
2.5.3. Kontrola nosača gonjenog lančanika

2.5.3.1. Kontrola čvrstoće

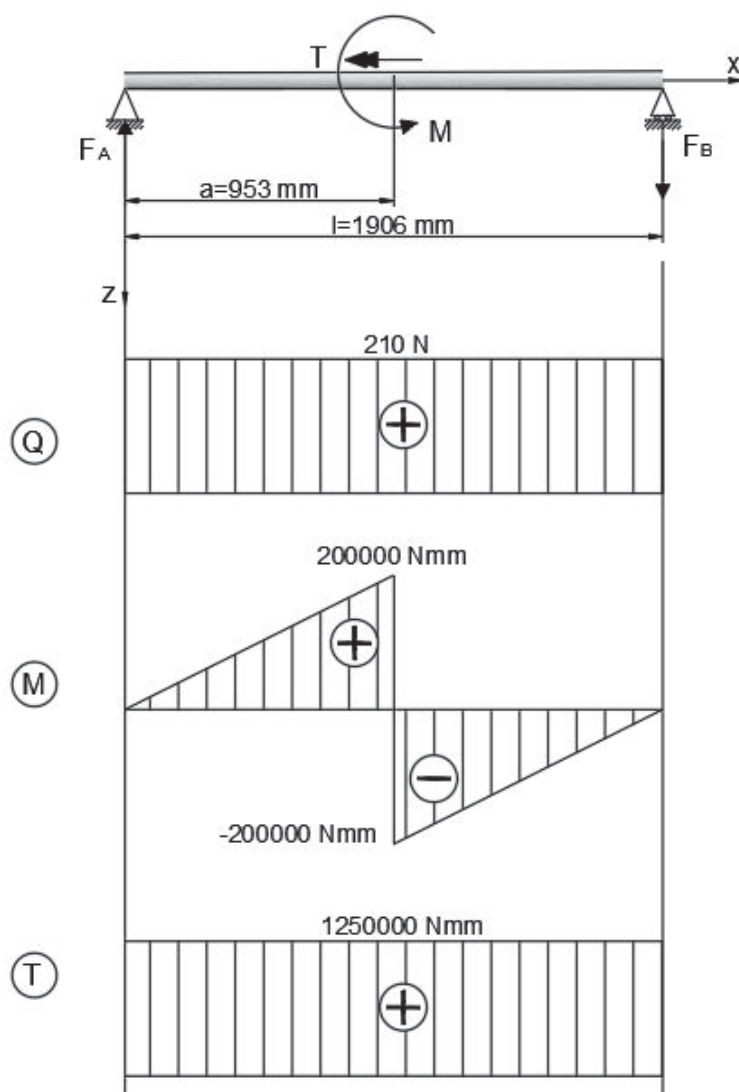
Nosač gonjenog lančanika izrađen je od kvadratne cijevi 80x40x4. Na krajevima ima pločice za povezivanje na unutarnje B nosače.



Slika 39 Nosač gonjenog lančanika

RHS 80x40x4			
Geometry		Section properties	
		Axis y	Axis z
h = 80 mm		$I_y = 6.82\text{E}+5 \text{ mm}^4$	$I_z = 2.22\text{E}+5 \text{ mm}^4$
b = 40 mm		$W_{y,el} = 1.71\text{E}+4 \text{ mm}^3$	$W_{z,el} = 1.11\text{E}+4 \text{ mm}^3$
t = 4 mm		$W_{y,pl} = 2.18\text{E}+4 \text{ mm}^3$	$W_{z,pl} = 1.32\text{E}+4 \text{ mm}^3$
r = 6 mm		$i_y = 27.9 \text{ mm}$	$i_z = 15.9 \text{ mm}$
A = 879 mm ²		$S_y = 1.09\text{E}+4 \text{ mm}^3$	$S_z = 6600 \text{ mm}^3$
A _L = 0.23 m ² .m ⁻¹		Warping and buckling	
G = 6.9 kg.m ⁻¹		$I_t = 5.52\text{E}+5 \text{ mm}^4$	$C_t = 1.89\text{E}+4 \text{ mm}^3$

Slika 40 Karakteristike nosača lančanika [6]



Slika 41 Proračunski model nosača gonjenog lančanika

Maksimalni moment savijanja iznosi

$$M_{\max} = 200000 \text{ Nmm} , \quad (130)$$

što uz vrijednost momenta otpora presjeka za kvadratnu cijev, prema Slici 40 rezultira maksimalnim normalnim naprezanjem u iznosu:

$$\sigma = \frac{200000}{1,71 \cdot 10^4} \approx 12 \text{ N/mm}^2 . \quad (131)$$

Moment torzije iznosi

$$T = 1250000 \text{ Nmm} , \quad (132)$$

što uz vrijednost polarnog momenta otpora presjeka za kvadratnu cijev, prema Slici 40 rezultira maksimalnim tangencijalnim naprezanjem u iznosu:

$$\tau = \frac{1250000}{2,18 \cdot 10^4} \approx 58 \text{ N/mm}^2 . \quad (133)$$

Reducirno naprezanje iznosi:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (134)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{12^2 + 3 \cdot 58^2} \approx 100 \text{ N/mm}^2 . \quad (135)$$

Reducirano naprezanje manje je od dopuštenog:

$$\sigma_{\text{red}} \approx 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{\text{dop}} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} . \quad (136)$$

2.5.3.2. Kontrola krutosti

Dopušteni progib iznosi

$$w_{\text{dop}} = \frac{L}{600} = \frac{1906}{600} = 3,17 \text{ mm} . \quad (137)$$

Maksimalni progib za konkretni slučaj opterećenja računa se prema izrazu

$$w_{\max} = \frac{M \cdot l}{6 \cdot E \cdot I_y} \left(3 \left(\frac{a}{l} \right)^2 - \frac{a}{l} - \frac{13}{8} \left(\frac{a}{l} \right)^3 \right) \quad (138)$$

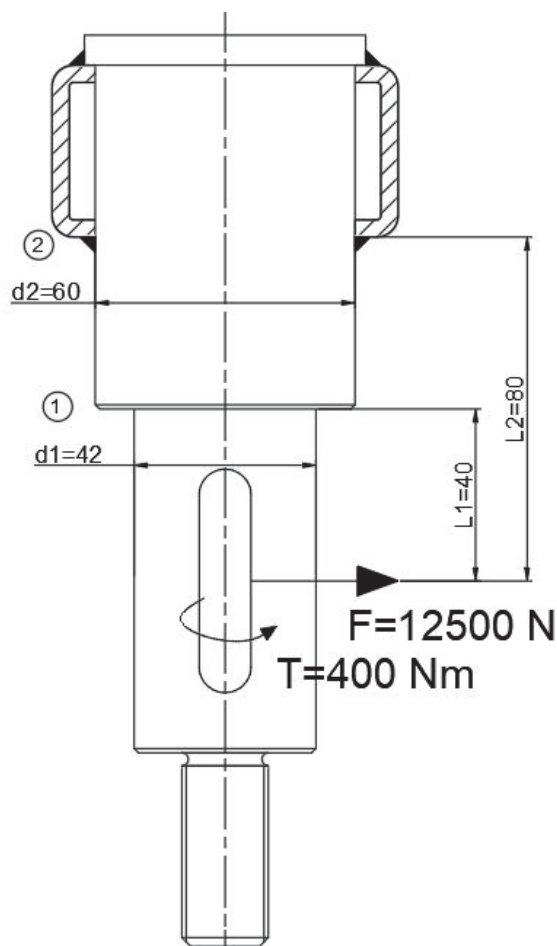
$$w_{\max} = \frac{200000 \cdot 1906}{6 \cdot 210000 \cdot 6,82 \cdot 10^5} \left(3 \left(\frac{953}{1906} \right)^2 - \frac{a}{l} - \frac{13}{8} \left(\frac{953}{1906} \right)^3 \right) \quad (139)$$

$$w_{\max} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ mm}, \quad (140)$$

što je manje od dopuštenog.

2.5.4. Kontrola gonjenog vratila

Vratilo je sa svojim dimenzijama i opterećenjima prikazano na slici u nastavku. Izrađeno je od ugljičnog konstrukcijskog čelika S355J0 sa vrijednosti trajne dinamičke izdržljivosti na savijanje $\sigma_{fDN} = 240 \text{ N/mm}^2$ (prema [12]).



Slika 42 Proračunski model gonjenog vratila

2.5.4.1. Presjek 1

Normalno naprezanje u presjeku, sa dimenzijama i opterećenjem prema slici iznosi:

$$\sigma_1 = \frac{F \cdot L_1}{0,1 \cdot d_1^3} \quad (141)$$

$$\sigma_1 = \frac{12500 \cdot 40}{0,1 \cdot 42^3} \approx 68 \text{ N/mm}^2. \quad (142)$$

Tangencijalno naprezanje:

$$\tau_1 = \frac{T}{0,2 \cdot d_1^3} \quad (143)$$

$$\tau_1 = \frac{400000}{0,2 \cdot 42^3} \approx 27 \text{ N/mm}^2. \quad (144)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (145)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{68^2 + 3 \cdot 27^2} \approx 82 \text{ N/mm}^2. \quad (146)$$

Sigurnost

$$S_1 = \frac{\sigma_{fDN}}{\sigma_{\text{red}}} = \frac{240}{82} = 2,9 \quad (147)$$

2.5.4.2. Presjek 2

Normalno naprezanje u presjeku, sa dimenzijama i opterećenjem prema slici iznosi:

$$\sigma_2 = \frac{F \cdot L_2}{0,1 \cdot d_2^3} \quad (148)$$

$$\sigma_1 = \frac{12500 \cdot 80}{0,1 \cdot 60^3} \approx 46 \text{ N/mm}^2. \quad (149)$$

Tangencijalno naprezanje:

$$\tau_2 = \frac{T}{0,2 \cdot d_2^3} \quad (150)$$

$$\tau_1 = \frac{400000}{0,2 \cdot 60^3} \approx 9 \text{ N/mm}^2. \quad (151)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (152)$$

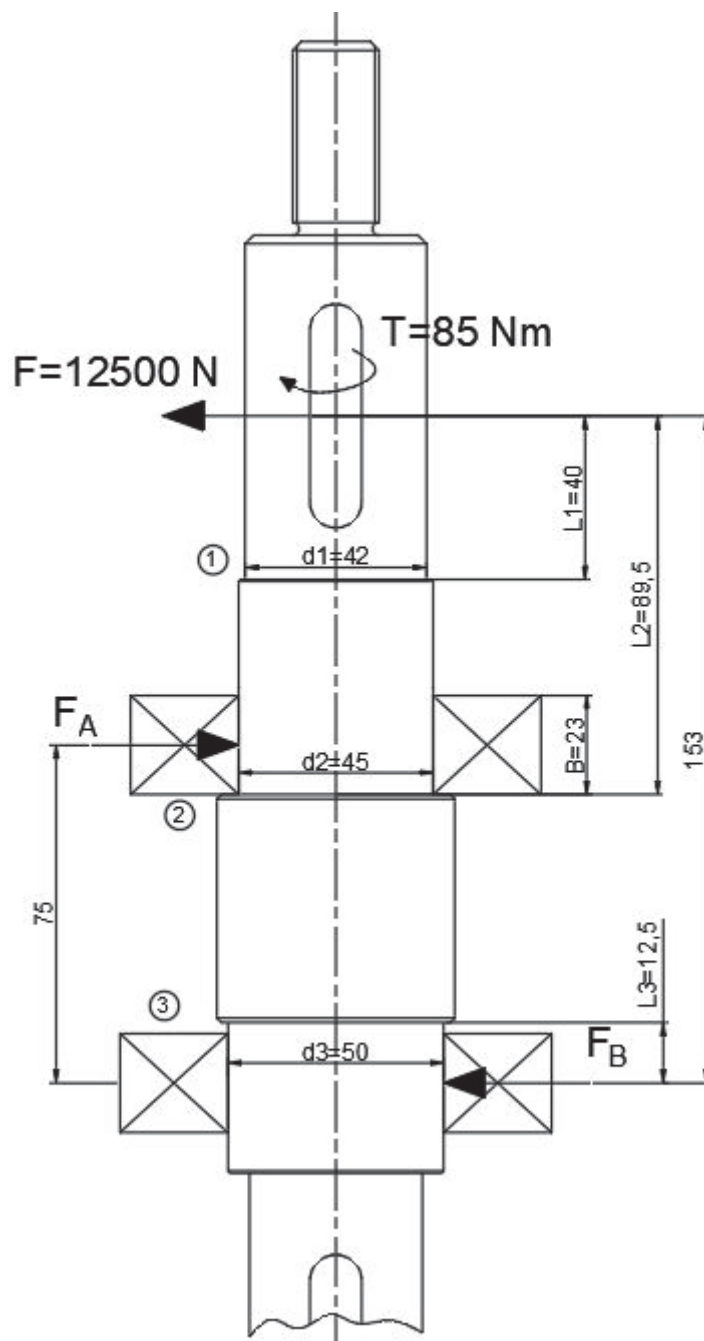
$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{46^2 + 3 \cdot 9^2} \approx 49 \text{ N/mm}^2. \quad (153)$$

Sigurnost

$$S_2 = \frac{\sigma_{f\text{DN}}}{\sigma_{\text{red}}} = \frac{240}{49} = 4,89 \quad (154)$$

2.5.5. Kontrola pogonskog vratila

Vratilo je sa svojim dimenzijama i opterećenjima prikazano na slici u nastavku. Izrađeno je od ugljičnog konstrukcijskog čelika S355J0 sa vrijednosti trajne dinamičke izdržljivosti na savijanje $\sigma_{fDN} = 240 \text{ N/mm}^2$ (prema [12]).



Slika 43 Proračunski model pogonskog vratila

2.5.5.1. Reakcije u osloncima

Rješavanjem jednačbi

$$\sum M_B = 0 \rightarrow F \cdot 153 - F_A \cdot 75 = 0 \quad (155)$$

$$\sum F = 0 \rightarrow -F + F_A - F_B = 0 \quad (156)$$

Dobivamo reakcije u osloncima

$$F_A = 25500 \text{ N} \quad (157)$$

$$F_B = 13000 \text{ N} \quad (158)$$

2.5.5.2. Presjek 1

Normalno naprezanje u presjeku, sa dimenzijama i opterećenjem prema slici iznosi:

$$\sigma_1 = \frac{F \cdot L_1}{0,1 \cdot d_1^3} \quad (159)$$

$$\sigma_1 = \frac{12500 \cdot 40}{0,1 \cdot 42^3} \approx 68 \text{ N/mm}^2. \quad (160)$$

Tangencijalno naprezanje:

$$\tau_1 = \frac{T}{0,2 \cdot d_1^3} \quad (161)$$

$$\tau_1 = \frac{85000}{0,2 \cdot 42^3} \approx 6 \text{ N/mm}^2. \quad (162)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (163)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{68^2 + 3 \cdot 6^2} \approx 69 \text{ N/mm}^2. \quad (164)$$

Sigurnost

$$S_1 = \frac{\sigma_{fDN}}{\sigma_{red}} = \frac{240}{69} = 3,5. \quad (165)$$

2.5.5.3. Presjek 2

Normalno naprezanje u presjeku, sa dimenzijama i opterećenjem prema slici iznosi:

$$\sigma_2 = \frac{F \cdot L_2 - F_A \cdot \frac{B}{2}}{0,1 \cdot d_2^3} \quad (166)$$

$$\sigma_1 = \frac{12500 \cdot 89,5 - 25500 \cdot 11,5}{0,1 \cdot 45^3} \approx 91 \text{ N/mm}^2. \quad (167)$$

Tangencijalno naprezanje:

$$\tau_2 = \frac{T}{0,2 \cdot d_2^3} \quad (168)$$

$$\tau_1 = \frac{85000}{0,2 \cdot 45^3} \approx 5 \text{ N/mm}^2. \quad (169)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (170)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{91^2 + 3 \cdot 5^2} \approx 92 \text{ N/mm}^2. \quad (171)$$

Sigurnost

$$S_2 = \frac{\sigma_{fDN}}{\sigma_{red}} = \frac{240}{92} = 2,63 \quad (172)$$

2.5.5.4. Presjek 3

Normalno naprezanje u presjeku, sa dimenzijama i opterećenjem prema slici iznosi:

$$\sigma_3 = \frac{F_B \cdot L_3}{0,1 \cdot d_3^3} \quad (173)$$

$$\sigma_3 = \frac{13000 \cdot 12,5}{0,1 \cdot 50^3} = 13 \text{ N/mm}^2. \quad (174)$$

Tangencijalno naprezanje:

$$\tau_3 = \frac{T}{0,2 \cdot d_3^3} \quad (175)$$

$$\tau_3 = \frac{85000}{0,2 \cdot 50^3} \approx 3 \text{ N/mm}^2. \quad (176)$$

Reducirano naprezanje:

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (177)$$

$$\sigma_{\text{red}} = \sqrt{13^2 + 3 \cdot 3^2} \approx 14 \text{ N/mm}^2. \quad (178)$$

Sigurnost

$$S_3 = \frac{\sigma_{fDN}}{\sigma_{\text{red}}} = \frac{240}{14} = 16,78 \quad (179)$$

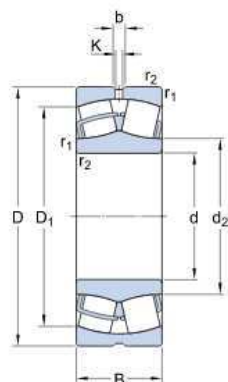
2.5.5.5. Odabir ležaja u osloncu A

Ležaj je opterećen radijalnom silom $F_r = 25,5 \text{ kN}$, te aksijalnom silom kao posljedicom težine vratila i pogonskog lančanika u iznosu $F_a = 0,06 \text{ kN}$. Odabrani je ležaj iz SKF kataloga pod oznakom 22209 E.

► 22209 E

Popular item
SKF Explorer

Dimensions



d	45	mm
D	85	mm
B	23	mm
d ₂	≈ 54.4	mm
D ₁	≈ 74.4	mm
b	5.5	mm
K	3	mm
r _{1,2}	min. 1.1	mm

Slika 44 Dimenzije odabranog ležaja u osloncu A [13]

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	104	kN
Basic static load rating	C ₀	98	kN
Fatigue load limit	P _u	10.8	kN
Reference speed		7500	r/min
Limiting speed		10000	r/min
Calculation factor	e	0.26	
Calculation factor	Y ₁	2.6	
Calculation factor	Y ₂	3.9	
Calculation factor	Y ₀	2.5	

Mass

Mass bearing	0.58	kg
--------------	------	----

Slika 45 Karakteristike odabranog ležaja u osloncu A [13]

Omjer aksijalnog i radijalnog opterećenja iznosi

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{0,06}{25,5} = 2,3 \cdot 10^{-3} \leq e = 0,26, \quad (180)$$

što znači da vrijedi formula za ekvivalentno dinamičko opterećenje:

$$P_r = F_r + Y_1 \cdot F_a \quad (181)$$

$$P_r = 25,5 + 2,6 \cdot 0,06 = 25,7 \text{ kN}. \quad (182)$$

Ekvivalentno dinamičko opterećenje manje je od dinamičke nosivosti ležaja

$$P_r = 25,7 \text{ kN} \leq C = 104 \text{ kN}. \quad (183)$$

Nazivni vijek trajanja ležaja u satima rada iznosi:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}} \quad (184)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 4,7} \left(\frac{104}{25,7} \right)^{\frac{10}{3}} = 374471 \text{ h} \quad (185)$$

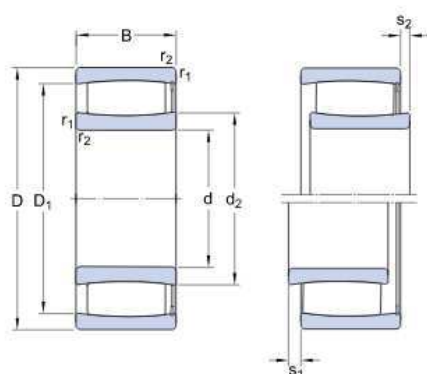
2.5.5.6. Odabir ležaja u osloncu B

Ležaj u osloncu B opterećen je samo radijalnom silom $F_r = 13 \text{ kN}$. Odabran je ležaj iz SKF kataloga pod oznakom C4910.

C 4910 V

SKF Explorer

Dimensions



d	50	mm
D	72	mm
B	22	mm
d ₂	≈ 56.9	mm
D ₁	≈ 66.1	mm
s ₁	max. 4.7	mm
s ₂	max. 1.7	mm
r _{1,2}	min. 0.6	mm

Slika 46 Dimenzije odabranog ležaja u osloncu B [13]

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	86.5	kN
Basic static load rating	C ₀	125	kN
Fatigue load limit	P _u	14.6	kN
Limiting speed		3600	r/min
Misalignment factor	k ₁	0.103	
Operating clearance factor	k ₂	0.114	

Mass

Mass bearing	0.29	kg
--------------	------	----

Slika 47 Karakteristike odabranog ležaja u osloncu B [13]

Ekvivalentno dinamičko opterećenje iznosi

$$P_r = F_r = 13 \text{ kN.} \quad (186)$$

Ekvivalentno dinamičko opterećenje manje je od dinamičke nosivosti ležaja

$$P_r = 13 \text{ kN} \leq C = 86,5 \text{ kN.} \quad (187)$$

Nazivni vijek trajanja ležaja u satima rada iznosi

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 4,7} \left(\frac{86,5}{13} \right)^{\frac{10}{3}} = 1964838 \text{ h.} \quad (188)$$

3. Procjena rizika u radu s rotacijskom platformom

3.1. Općenito o procjeni rizika

Procjena rizika je postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti, štetnosti i napora u smislu nastanka ozljede na radu, profesionalne bolesti, bolesti u svezi s radom te poremećaja u procesu rada koji bi mogao izazvati štetne posljedice za sigurnost i zdravlje radnika. [14]

Također, prema [14] procjena rizika radi se na temelju matrice rizika.

Tablica 2 Matrica rizika

Vjerojatnost	Veličina posljedica (štetnosti)		
	Malo štetno	Srednje štetno	Izrazito štetno
Malo vjerojatno	Mali rizik	Mali rizik	Srednji rizik
Vjerojatno	Mali rizik	Srednji rizik	Veliki rizik
Vrlo vjerojatno	Srednji rizik	Veliki rizik	Veliki rizik

3.2. Procjena rizika za rotacijsku platformu

3.2.1. Opasnosti

3.2.1.1. Mehaničke opasnosti

Tablica 3 Procjena rizika za mehaničke opasnosti

Mehaničke opasnosti	Mjere	Procjena rizika
Alati (ručni i mehanički)	<ul style="list-style-type: none"> - Koristiti samo testiranu opremu (sa CE oznakom) - Vizualno pregledati prije početkarada 	Mali rizik
Rukovanje predmetima	<ul style="list-style-type: none"> - Dizanje prema uputama - Korištenje zaštitnih rukavica i cipela s čeličnom kapicom 	Srednji rizik

Nezaštićeni pokretni dijelovi	<ul style="list-style-type: none"> - Prije puštanja u rad oplatom zaštititi pristup do izvora opasnosti - U radu onemogućiti pristup neovlaštenim osobama 	Mali rizik
Opasne situacije pri čišćenju, otklanjanju kvarova, ...	<ul style="list-style-type: none"> - Uputstva za siguran rad 	Mali rizik
Opasnost od razderotina i posjekotina	<ul style="list-style-type: none"> - Brušeni nefunkcionalni rubovi - Korištenje zaštitnih rukavica 	Srednji rizik
Nekontrolirano pomicanje dijelova	<ul style="list-style-type: none"> - Pri utovaru, istovaru i transportu osigurati stabilnost dijelova 	Srednji rizik

3.2.1.2. Opasnosti od padova

Tablica 4 Opasnosti od padova

Opasnosti od padova	Mjere	Procjena rizika
Pad na istoj razini	<ul style="list-style-type: none"> - Korištenje protuklizne površine - Ukloniti zaprljanja 	Mali rizik
Pad s visine	<ul style="list-style-type: none"> - Informirati operatera o opasnosti 	Mali rizik

3.2.1.3. Opasnosti od električne struje

Tablica 5 Opasnosti od električne struje

Opasnosti od električne struje	Mjere	Procjena rizika
Oštećeni kablovi (polomljene ili gole žice)	- Vizualni pregled alata i opreme prije korištenja	Mali rizik
Korištenje vlažnih električnih aparata	- Pogonski elektromotor smješten ispod pune površine	Mali rizik

3.2.1.4. Požar i eksplozija

Tablica 6 Požar i eksplozija

Požar i eksplozija	Mjere	Procjena rizika
Pregrijavanje pogonskog elektromotora	- Ugradnja sigurnosne sklopke	Mali rizik
Iskrenje	- Korištenje kotača s gumenom oblogom - Pravilno postavljanje vodilica	Mali rizik

3.2.1.5. Termičke opasnosti

Tablica 7 Termičke opasnosti

Termičke opasnosti	Mjere	Procjena rizika
Montaža i demontaža zagrijanih dijelova	- Onemogućiti direktan prodor sunčevih zraka - Koristiti zaštitne rukavice	Srednji rizik

3.2.1.6. Ostale opasnosti

Tablica 8 Ostale opasnosti

Ostale opasnosti	Mjere	Procjena rizika
Opasnosti uzrokovane ljudskim radnjama	<ul style="list-style-type: none"> - Odabrati zaposlenike prema zahtjevima posla - Organizirati radni proces 	Mali rizik

3.2.2. Štetnosti

3.2.2.1. Fizikalne štetnosti

Tablica 9 Fizikalne štetnosti

Fizikalne štetnosti	Mjere	Procjena rizika
Buka	<ul style="list-style-type: none"> - Korištenje kotača sgumenom oblogom - Korištenje pogonskog elektromotora s CE oznakom 	Mali rizik
Loši vremenski uvjeti pri radu na otvorenom	<ul style="list-style-type: none"> - osigurati zaštitnu odjeću - koristiti zaštitnu kremu protiv sunca - Odgoda rada za povoljnije vremenske uvjete 	Srednji rizik

3.2.3. Naponi

3.2.3.1. Statodinamički naponi

Tablica 10 Statodinamički naponi

Statodinamički naponi	Mjere	Procjena rizika
Statički (pognut položaj tijela, čučanje, klečanje)	<ul style="list-style-type: none"> - Uzeti u obzir dob i spol radnika - Osigurati povremeni odmor radnika 	Veliki rizik
Dinamički (ponavljajući pokreti sa i bez primjene sile, dizanje i nošenje tereta)	<ul style="list-style-type: none"> - Uzeti u obzir dob i spol radnika - Koristiti više radnika - Koristiti pomagala i naprave - Nositi teret s uspravnom kralježnicom i blizu tijela 	Veliki rizik

3.2.3.2. Psihofiziološki naponi

Tablica 11 Psihofiziološki naponi

Psihofiziološki naponi	Mjere	Procjena rizika
Terenski rad, produljeni rad	<ul style="list-style-type: none"> - Osigurati adekvatnu stimulaciju radnika - Osigurati dovoljan broj radnika 	Veliki rizik

3.2.4. Ostali rizici

3.2.4.1. Zaštita zdravlja i sigurnosti posjetitelja

Tablica 12 **Zaštita zdravlja i sigurnosti posjetitelja**

Zaštita zdravlja i sigurnosti posjetitelja	Mjere	Procjena rizika
Nekontrolirani pristup posjetitelja (djeca, odrasli)	<ul style="list-style-type: none"> - Ograditi platformu - Postaviti bočnu ceradu - Osigurati nadzor pri radu - Postaviti zaštitne oznake 	Srednji rizik
Izvanredna situacija	<ul style="list-style-type: none"> - Osigurati kutiju prve pomoći 	Mali rizik

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu proveden je proračun dijelova rotacijske platforme. Standardni dijelovi koji ne podliježu proračunu su prikazani uz izvor odakle se dobavljaju.

U prvom dijelu proračuna izvršena je kontrola elemenata nosive konstrukcije. Provjerena je čvrstoća i krutost nosača, te naprezanja u zavarima i vijcima. Kod proračuna pogonskog mehanizma proračunata je potrebna snaga pogonskog elektromotora, vratilo, ležajevi pogonskog sklopa kao i lančani prijenos.

Prikazana je oplata platforme, konstrukcija vodicica, podnica sastavljena od segmenata, te koncept pristupne rampe.

Kod procjene rizika u radu pokušalo se prepoznati moguće rizike, te su navedene mjere pomoću kojih se rizici umanjuju ili u potpunosti uklanjaju.

Pri procesu konstrukcije odustalo se od početnog uvjeta maksimalne mase od 1200 kg. Konačna masa iznosi približno 1200 kg za okretni dio, približno 500 kg za podnicu s tračnicom i približno 50 kg za motor sa prijenosnim mehanizmom. Uz ostale manje elemente ukupna masa rotacijske platforme iznosi oko 1800 kg, što je još uvijek u granici nosivosti dostavnih gospodarskih vozila.

Kod konstruiranja, u cilju smanjenja ukupne mase platforme, kao materijal nosača oplate odabrana je aluminijska legura, dok je za samu oplatu odabrana vodootporna iverica. Daljnji koraci u smanjenju mase mogli bi ići u smjeru zamjene nosača standardnih profila, što bi vrlo vjerojatno bilo skuplje i tehnički zahtjevnije rješenje.

Masa pojedinačnog komada ne prelazi 66 kg, što omogućava da se rotacijska platforma u nekim slučajevima niti ne rastavlja u sve dijelove, već se može rastaviti u segmente i time omogućiti bržu montažu. Prema tome, uvjet mase pojedinog dijela do maksimalno 80 kg je zadovoljen.

Također, izrađen je sklopni nacrt same rotacijske platforme, pogonskog sklopa i podnice, kao i radionička dokumentacija pojedinih elemenata pogona i podnice.

LITERATURA

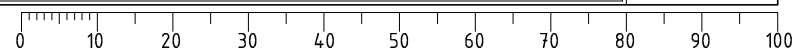
- [1] www.directindustry.com
- [2] www.etnow.com
- [3] www.zia.ms.it
- [4] www.brescianaparcheggi.it
- [5] Krautov strojarski priručnik, Sajema Zagreb, 2009.
- [6] www.staticstools.eu/en
- [7] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Golden Marketing -Tehnička knjiga Zagreb, 2006.
- [8] sinkro.hr/
- [9] BENKOtehn Katalog, Puconci, 2017.
- [10] www.wattdrive.com
- [11] Hercigonja E.: Strojni elementi 1, Zrinski Čakovec, 1996.
- [12] Horvat Z. i suradnici: Vratilo (proračun), FSB
- [13] www.skf.com
- [14] Pravilnik o izradi procjene rizika, Zakon o zaštiti na radu (NN, 17/2014)

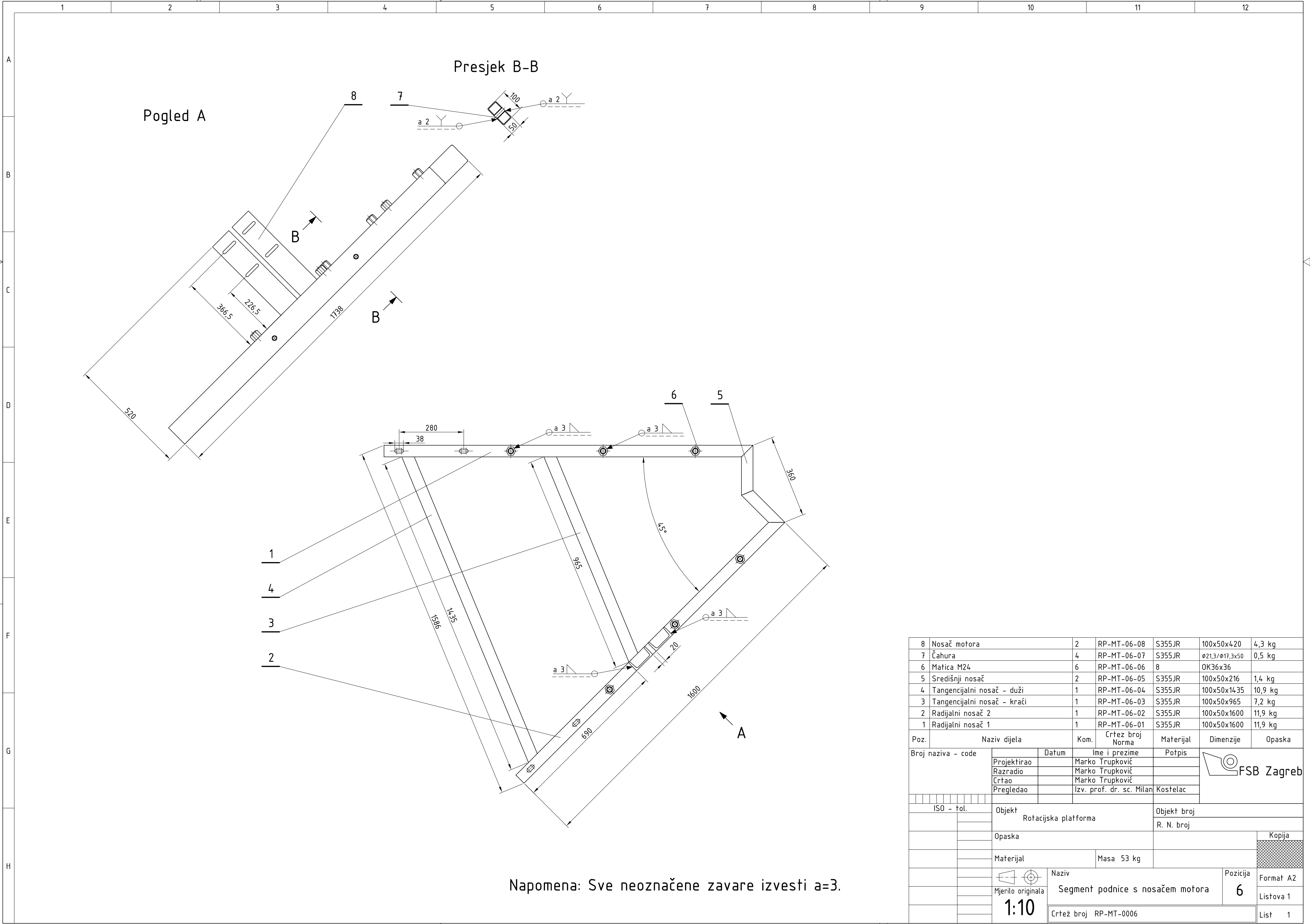
Pri konstruiranju korišteni su još:

- [15] Herold Z.: Računalna i inženjerska grafika, FSB, 2003.
- [16] Schaeffler: Technisches Taschenbuch, Schaeffler Technologies GmbH, 2014.

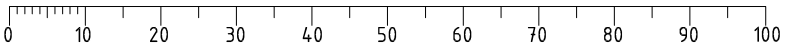
PRILOZI

- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija
- III. Specifikacija pogonskog motora

 FSB Zagreb



8	Nosač motora	2	RP-MT-06-08	S355JR	100x50x420	4,3 kg	
7	Čahura	4	RP-MT-06-07	S355JR	ø21,3/ø17,3x50	0,5 kg	
6	Matica M24	6	RP-MT-06-06	8	OK36x36		
5	Središnji nosač	2	RP-MT-06-05	S355JR	100x50x216	1,4 kg	
4	Tangencijalni nosač - duži	1	RP-MT-06-04	S355JR	100x50x1435	10,9 kg	
3	Tangencijalni nosač - kraći	1	RP-MT-06-03	S355JR	100x50x965	7,2 kg	
2	Radijalni nosač 2	1	RP-MT-06-02	S355JR	100x50x1600	11,9 kg	
1	Radijalni nosač 1	1	RP-MT-06-01	S355JR	100x50x1600	11,9 kg	
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Dimenzije	Opaska
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis		
		Projektirao	Marko Trupković				
		Razradio	Marko Trupković				
		Crtao	Marko Trupković				
		Pregledao	Izv. prof. dr. sc. Milan		Kostelac		
ISO - tol.		Objekt			Objekt broj		
		Rotacijska platforma			R. N. broj		
		Opaska			Kopija		
		Materijal		Masa 53 kg			
				Naziv		Pozicija	Format A2
		Mjerilo originala		Segment podnice s nosačem motora		6	Listova 1
		1:10		Crtež broj RP-MT-0006			List 1



Technical drawing of a Rotational Platform (Rotacijska platforma) showing three views: Poz 3, Poz 4, and Poz 5.

View Poz 3: A side view of the platform. The length is 965. The height is 50. The angle of the platform is 68°.

View Poz 4: A side view of the platform. The length is 1435. The height is 50. The angle of the platform is 67°.

View Poz 5: A top view of the platform. The width is 216. The height is 50. The angle of the platform is 68°. The angle of the platform is 45°.

Technical Drawing Details:

- Scale: 1:5
- Material: S355JR
- Surface finish: Ra 6,3
- Object: Rotacijska platforma
- Object number: R. N. broj
- Object name: Tan. nosač kraći i duži, Sred. nosač
- Object position: 3,4,5
- Object drawing number: RP-MT-06-03

Table: Broj naziva - code

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao		Marko Trupković	
Razradio		Marko Trupković	
Crtao		Marko Trupković	
Pregledao		Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac	

Table: ISO - tol.

ISO - tol.	Objekt	Objekt broj
	Rotacijska platforma	R. N. broj

Table: Opaska

Opaska	Kopija

Table: Materijal

Materijal	Masa
S355JR	

Table: Naziv

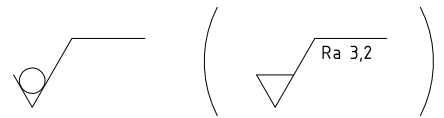
Naziv	Pozicija
Tan. nosač kraći i duži, Sred. nosač	3,4,5

Table: Mjerilo originala

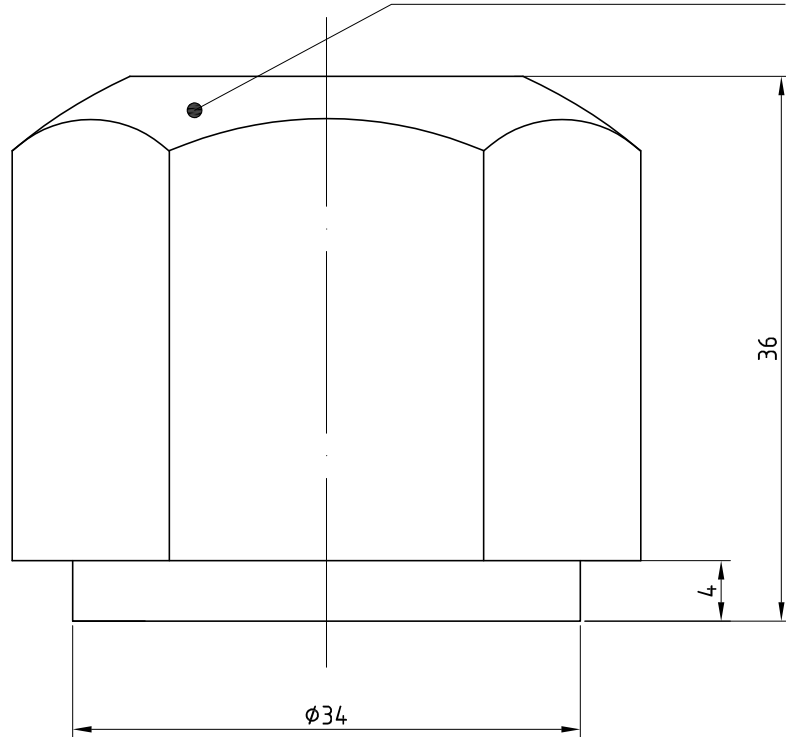
Mjerilo originala	Crtež broj
1:5	RP-MT-06-03

Table: Format A3

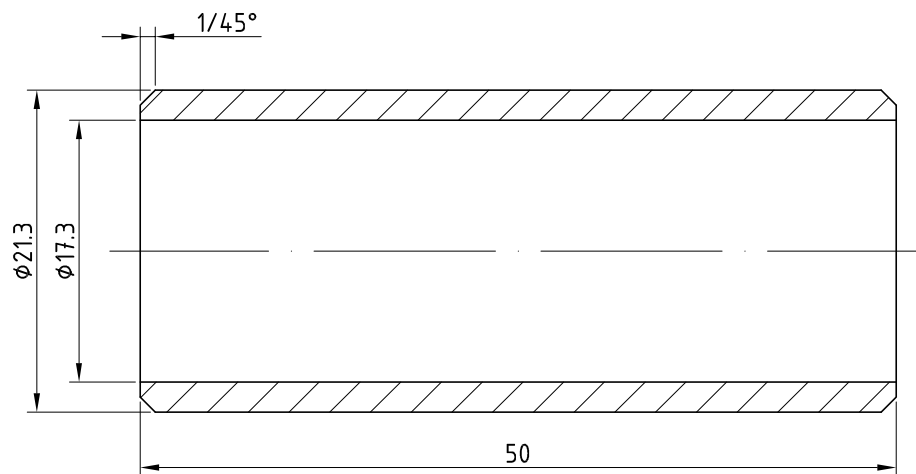
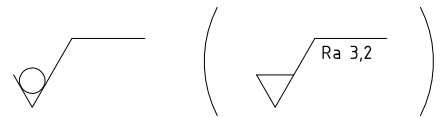
Format A3	Listova
1	1

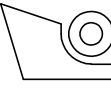
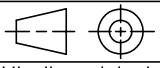


DIN 6330 - M24

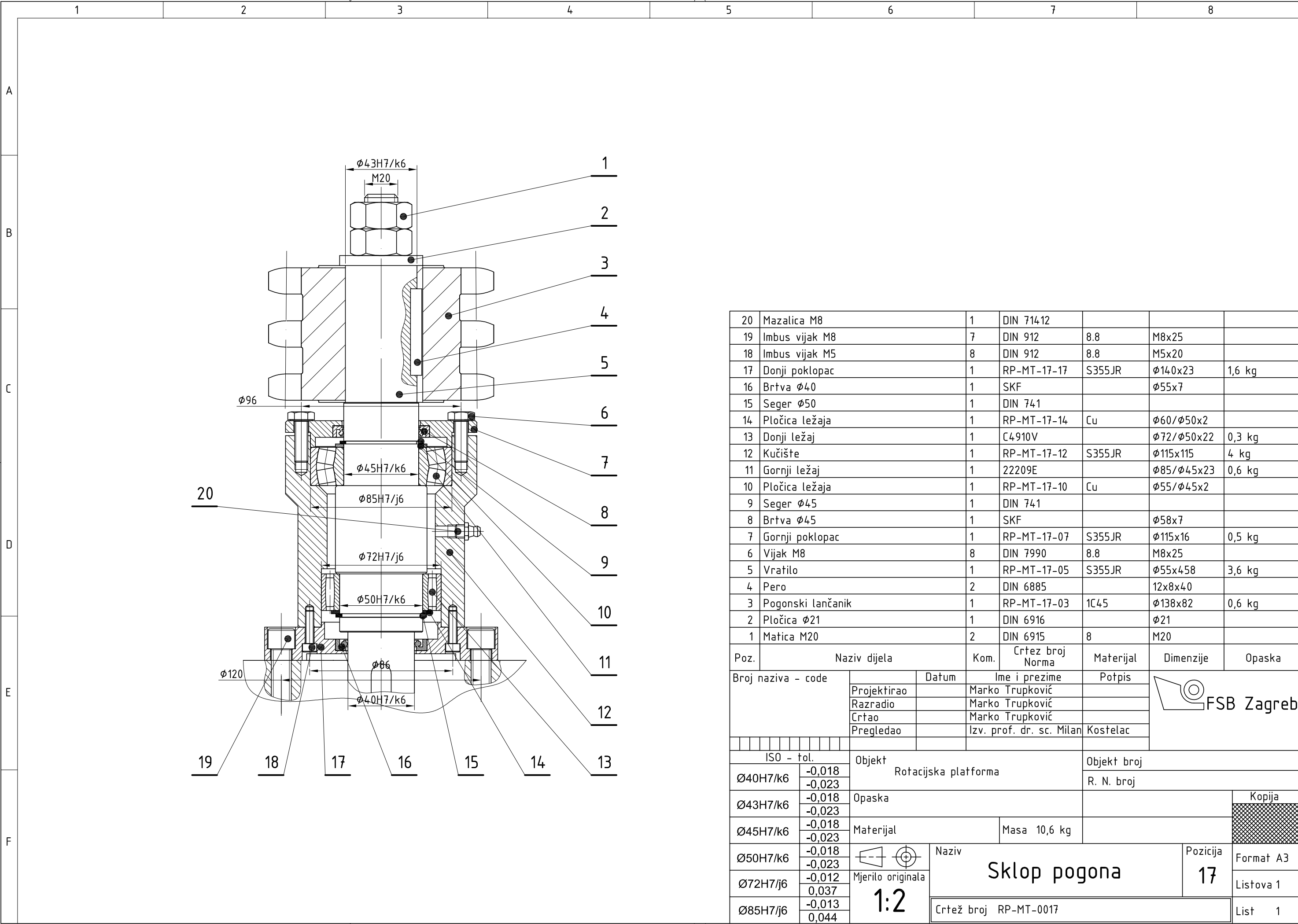


Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	
	Projektirao		Marko Trupković			
	Razradio		Marko Trupković			
	Crtao		Marko Trupković			
	Pregledao		Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac			
ISO - tol.		Objekt	Rotacijska platforma			Objekt broj
						R. N. broj
		Opaska				Kopija
		Materijal 8	Masa			
			Naziv			Pozicija
		Mjerilo originala	Matica M24 - dorada			6
		2:1	Crtež broj RP-MT-06-06			Format A4
						Listova 1
						List 1



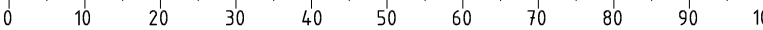
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb
	Projektirao		Marko Trupković			
	Razradio		Marko Trupković			
	Crtao		Marko Trupković			
	Pregledao		Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac			
ISO - tol.		Objekt	Rotacijska platforma			Objekt broj
						R. N. broj
		Opaska				Kopija
		Materijal S355JR	Masa 0,5 kg			
			Naziv			Pozicija
		Mjerilo originala	Čahura			7
		2:1	Crtež broj RP-MT-06-07			Format A4
						Listova 1
						List 1

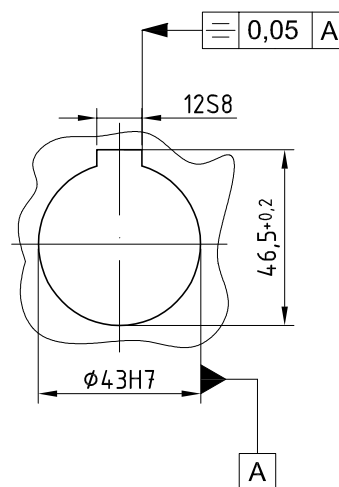
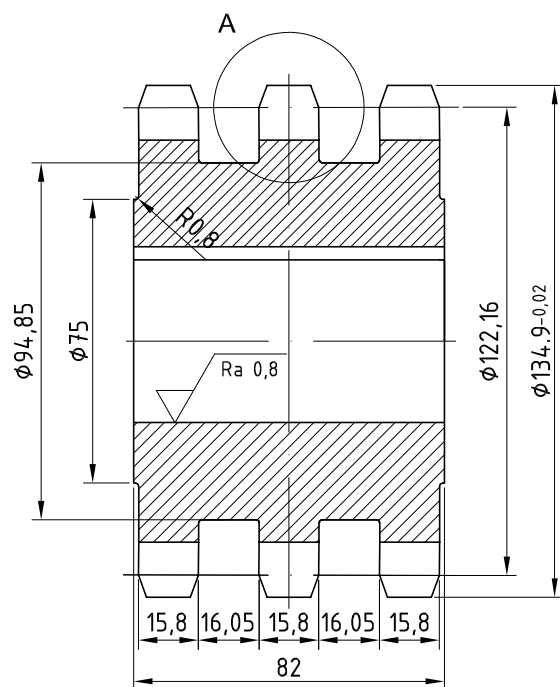
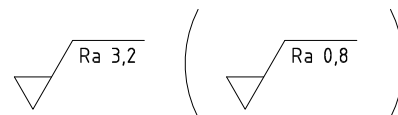
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	<div><div><div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div></div><div></div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div><div></div></div><div><div></div></div></div>							



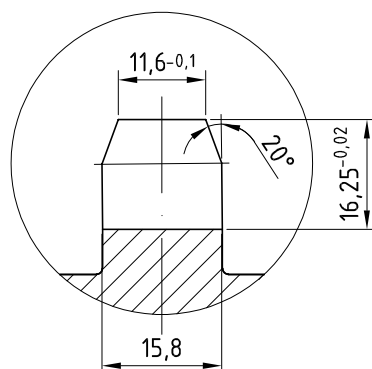
20	Mazalica M8	1	DIN 71412			
19	Imbus vijak M8	7	DIN 912	8.8	M8x25	
18	Imbus vijak M5	8	DIN 912	8.8	M5x20	
17	Donji poklopac	1	RP-MT-17-17	S355JR	$\phi 140 \times 23$	1,6 kg
16	Brtva $\phi 40$	1	SKF		$\phi 55 \times 7$	
15	Sejer $\phi 50$	1	DIN 741			
14	Pločica ležaja	1	RP-MT-17-14	Cu	$\phi 60 / \phi 50 \times 2$	
13	Donji ležaj	1	C4910V		$\phi 72 / \phi 50 \times 22$	0,3 kg
12	Kučište	1	RP-MT-17-12	S355JR	$\phi 115 \times 115$	4 kg
11	Gornji ležaj	1	22209E		$\phi 85 / \phi 45 \times 23$	0,6 kg
10	Pločica ležaja	1	RP-MT-17-10	Cu	$\phi 55 / \phi 45 \times 2$	
9	Sejer $\phi 45$	1	DIN 741			
8	Brtva $\phi 45$	1	SKF		$\phi 58 \times 7$	
7	Gornji poklopac	1	RP-MT-17-07	S355JR	$\phi 115 \times 16$	0,5 kg
6	Vijak M8	8	DIN 7990	8.8	M8x25	
5	Vratilo	1	RP-MT-17-05	S355JR	$\phi 55 \times 458$	3,6 kg
4	Pero	2	DIN 6885		$12 \times 8 \times 40$	
3	Pogonski lančanic	1	RP-MT-17-03	1C45	$\phi 138 \times 82$	0,6 kg
2	Pločica $\phi 21$	1	DIN 6916		$\phi 21$	
1	Matica M20	2	DIN 6915	8	M20	

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtez broj Norma	Materijal	Dimenzije	Opaska
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis		
		Projektirao	Marko Trupković			
		Razradio	Marko Trupković			
		Crtao	Marko Trupković			
		Pregledao	Izv. prof. dr. sc. Milan	Kostelac		
ISO - tol.		Objekt	Rotacijska platforma		Objekt broj	
$\phi 40H7/k6$	-0,018 -0,023					R. N. broj
$\phi 43H7/k6$	-0,018 -0,023	Opaska				Kopija
$\phi 45H7/k6$	-0,018 -0,023	Materijal		Masa 10,6 kg		
$\phi 50H7/k6$	-0,018 -0,023	 Naziv		Sklop pogona		Pozicija
$\phi 72H7/j6$	-0,012 0,037					17
$\phi 85H7/j6$	-0,013 0,044	Mjerilo originala		Crtez broj RP-MT-0017		Format A3
		1:2				Listova 1
						List 1





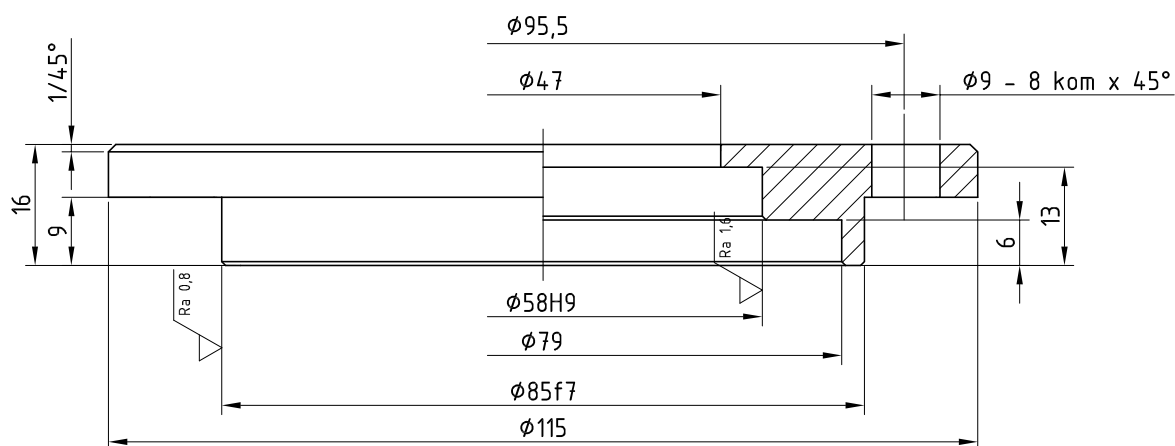
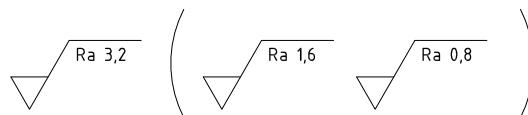
Detalj A (M 1:1)



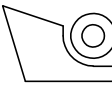

DIN 8192
Lanac: 16 B - 3
Broj zubiju: z=15
Korak: t=25,4 mm

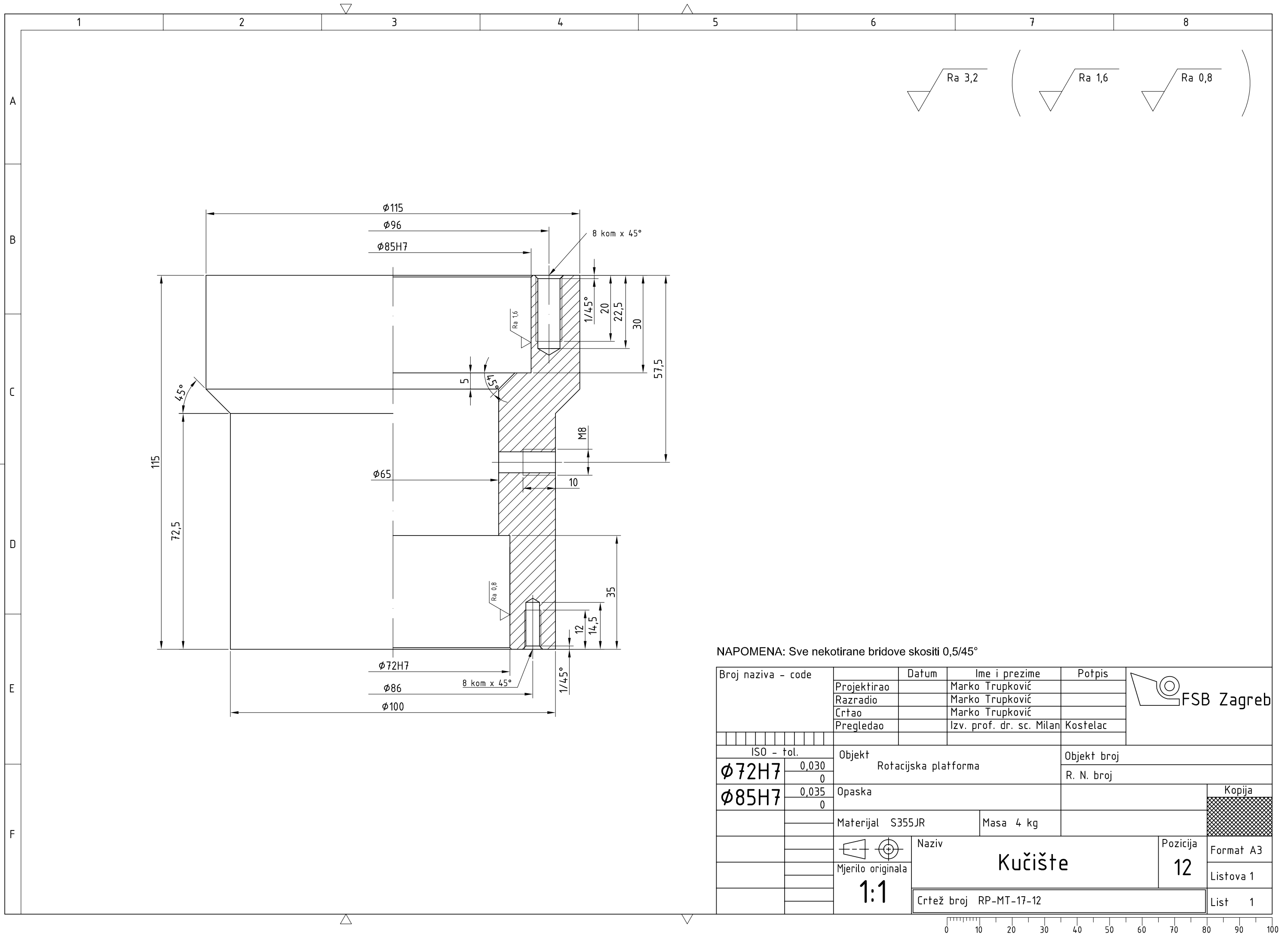
NAPOMENA: Sve nekotirane bridove skositi 0,5/45°

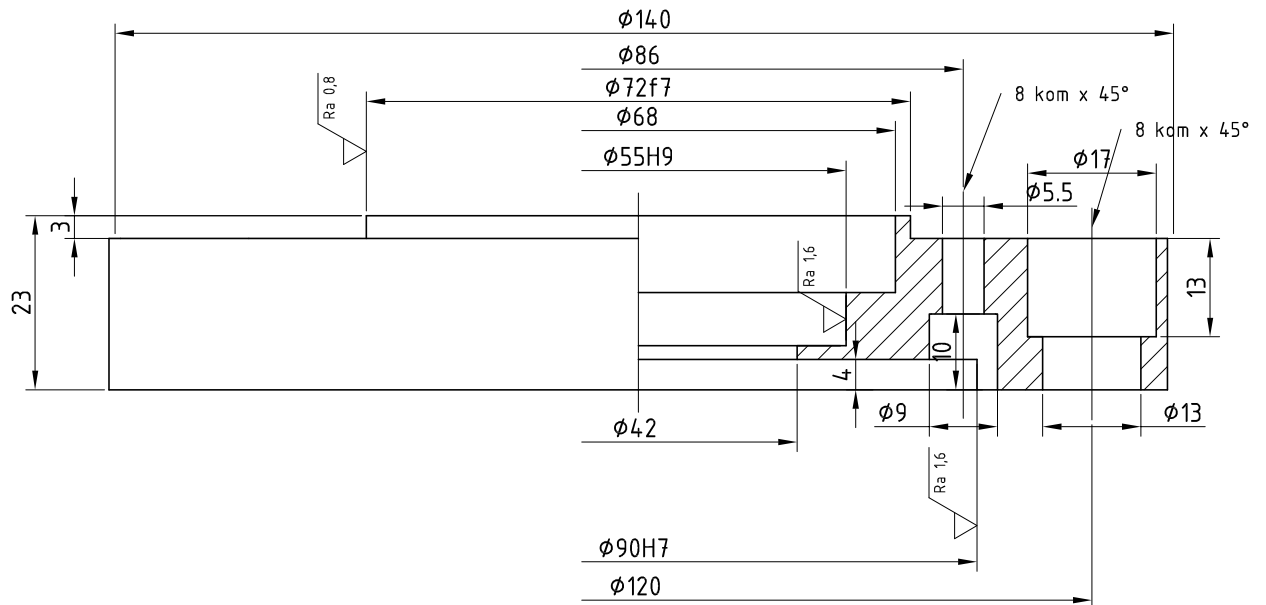
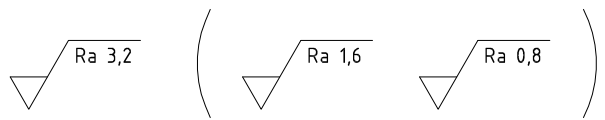
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao			Marko Trupković		
Razradio			Marko Trupković		
Crtao			Marko Trupković		
Pregledao			Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac		
ISO - tol.		Objekt	Objekt broj		
12S8	-0,028 -0,055	Rotacijska platforma	R. N. broj		
$\phi 43H7$	0,025 0	Opaska			Kopija
		Materijal 1C45	Masa 0,6 kg		
		Naziv		Pozicija	Format A4
		Pogonski lančanic		3	Listova 1
		Crtež broj RP-MT-17-03			List 1





NAPOMENA: Sve nekotirane bridove skositi 0,5/45°

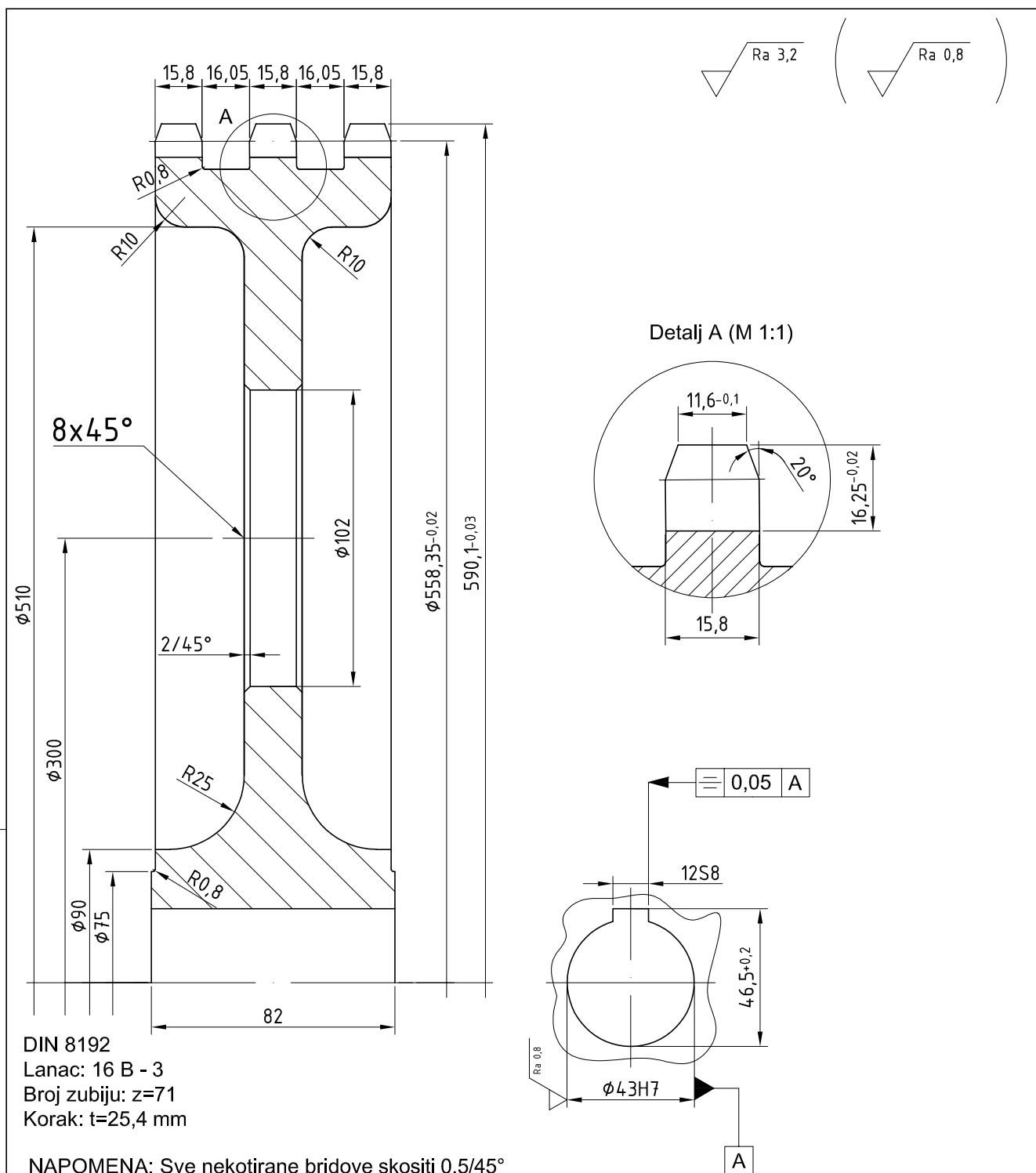
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime		Potpis	 FSB Zagreb	
		Projektirao	Marko Trupković				
		Razradio	Marko Trupković				
		Crtao	Marko Trupković				
		Pregledao	Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac				
ISO - tol.		Objekt Rotacijska platforma			Objekt broj		
Ø58H79 +0,074 0					R. N. broj		
Ø85f7 -0,036 -0,071		Opaska			Kopija		
		Materijal S355JR			Masa 0,5 kg		
		 Naziv Gornji poklopac			Pozicija		
					7		
		Mjerilo originala 1:1			Format A4		
					Listova 1		
		Crtež broj RP-MT-17-07			List 1		





NAPOMENA: Sve nekotirane bridove skositi 0,5/45°

Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis		<div>FSB Zagreb</div>			
		Projektirao		Marko Trupković							
		Razradio		Marko Trupković							
		Crtao		Marko Trupković							
		Pregledao		Izv. prof. dr. sc. Milan		Kostelac					
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>											
ISO - tol.		Objekt Rotacijska platforma				Objekt broj					
Ø55H9						+0,074 0		R. N. broj			
Ø72j7		-0,036 -0,071		Opaska				Kopija <div></div>			
Ø90H7		+0,035 0									
				Materijal S355JR		Masa 1,6 kg					
		<div></div>		Naziv Donji poklopac				Pozicija 17		Format A4	
		Mjerilo originala 1:1								Listova 1	
				Crtež broj RP-MT-17-17				List 1			



Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb		
		Projektirao		Marko Trupković			
		Razradio		Marko Trupković			
		Crtao		Marko Trupković			
		Pregledao		Izv. prof. dr. sc. Milan Kostelac			
ISO - tol.		Objekt Rotacijska platforma		Objekt broj			
12S8	-0,028 -0,055			R. N. broj			
Ø43H7	0,025 0	Opaska		<div></div> <div>Kopija</div>			
		Materijal 1C45	Masa 19 kg	<div></div>			
		Naziv Gonjeni lančanic		Pozicija	Format A4		
	Mjerilo originala			19	Listova 1		
	1:1	Crtež broj RP-MT-0019		List	1		

Specifikacija pogonskog motora

Gear series :

Type :

Helical bevel geared motors

KH063-11N-80-06E-TH-TF-BR10

Operation data :

Ambient temperature :	+20	°C
Type of operation :	S1	

Motor data :

Series :	WEG Modular System Motor (EUSAS)	
Housing material :	Aluminium	
Efficiency class η :	IE1-63.0%	
Type :	11N	
Motor power :	0.37	[kW]
Rated speed :	920	[rpm]
Rated torque :	3.8	[Nm]
Voltage :	230/400	[V]
Frequency :	50	[Hz]
Connection :	D/Y	
Rated current :	2.0 / 1.1	[A]
Starting to rated current :	3.6	
'cos ϕ ' :	0.75	
Protection class :	IP 55	
Mounting position of the terminal box :	side 4 cable entry I	
Insulation class :	F	
Mass moment of inertia :	1.90×10^{-3}	[kgm ²]

Further motor executions :

Fan :	self ventilated
Temperature controller :	Bimetal switch NCC (TH) and PTC thermistor (TF) for switch off
Ball bearing :	Standard

Brake data :

Type :	BR10	[Nm]
Supply voltage for rectifier :	Choice is necessary!	
Rectifier / brake type :	Choice is necessary!	

Gear data :

Max. perm. thermal power limit at +20 °C and S1 operation :	10	[kW]
Output speed :	4.7	[rpm]
Output torque :	760	[Nm]
Service factor :	1.10	
Gear stages :	3	
Ratio :	198.00	
Circumferential backlash (min-max) :	6' - 18'	
Max. perm. input speed :	3000	[rpm]
Mounting position :	M1	
Hollow shaft :	Ø 40 H7	[mm]
Keyway :	DIN6885.1	
Painting :	LC1 - Indoor installation neutral atmosphere NDFT 60 µm (C1 - DIN EN ISO 12944-5) RAL 7011 (Iron grey)	
Color :		
Total weight :	38.1	[kg]

Input side :

Type :	IEC direct mounting
Input shaft :	Ø 24 j6 x 18,5 mm
Input flange :	FC120

Further executions gear unit :

Lubricant :	Mineral oil - CLP ISO VG 220
-------------	------------------------------